

**ANALISIS PRODUKTIVITAS PRIMER FITOPLANKTON DAN
STRUKTUR KOMUNITAS FAUNA MAKROBENTHOS
BERDASARKAN KERAPATAN MANGROVE
DI KAWASAN KONSERVASI MANGROVE DAN BEKANTAN
KOTA TARAKAN, KALIMANTAN TIMUR**

**TESIS
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Mencapai Derajat Sarjana S2**

**Program Pascasarjana Universitas Diponegoro
Program Studi : Magister Manajemen Sumberdaya Pantai**



Diajukan oleh :

**Amrullah Taqwa
K4A007002**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG
2010**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PRODUKTIVITAS PRIMER FITOPLANKTON DAN STRUKTUR KOMUNITAS FAUNA MAKROBENTHOS BERDASARKAN KERAPATAN MANGROVE DI KAWASAN KONSERVASI MANGROVE DAN BEKANTAN KOTA TARAKAN, KALIMANTAN TIMUR

Dipersiapkan dan disusun oleh:

AMRULLAH TAQWA

K4A007002

Tesis telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada tanggal : 24 April 2010

Pembimbing I

Penguji I

Prof. Dr. Ir. Supriharyono, MS

Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS

Pembimbing II

Penguji II

Ir. Ruswahyuni, MSc.

Dr. Ign. Boedi Hendrarto, MSc.

Ketua Program Studi

Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS.

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya, Amrullah Taqwa menyatakan bahwa Tesis ini adalah ASLI hasil karya saya sendiri. Tesis ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar Magister di perguruan tinggi manapun.

Semua informasi dalam Tesis ini yang berasal dari penulis lain, baik yang dipublikasikan atau tidak dipublikasikan telah diberi penghargaan dengan cara mengutip nama sumber penulis tersebut secara benar. Isi Tesis ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sehat, sadar dan tanpa tekanan dari pihak manapun.

Semarang, April 2010
Penulis,

Amrullah Taqwa, ST
NIM. K4A 007 002

Abstract

The studies of phytoplankton primary productivity and macrobenthic fauna community structure in different density of mangrove were carried out from May to June 2009 in mangrove conservation area, in Tarakan, East-Kalimantan, Indonesia. Content of chlorophyll-a converted to phytoplankton primary productivity, estimated with Strickland formula. Diversity of macrozoobenthos calculated with Shannon's Index. Phytoplankton primary productivity in high, middle and low density of mangrove are range between $50.13 \pm 5.53 \text{ mgC/m}^3/\text{d}$; $45.32 \pm 6.48 \text{ mgC/m}^3/\text{d}$ and $41.48 \pm 6.48 \text{ mgC/m}^3/\text{d}$ respectively. Shannon's index value in low, middle and high density of mangrove are 2.24-2.61; 1.33-2.51 and 1.35-2.51 respectively. The results of this study showed a strong correlation between diversity of macrozoobenthos and the density of mangrove.

Key words: *mangrove, phytoplankton, diversity, macrobenthos.*

Abstrak

Kerapatan mangrove berdampak terhadap produktivitas primer fitoplankton dan produksi serasah, yang pada gilirannya membawa dampak terhadap komunitas fauna makrobenthos. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan kajian terhadap produktivitas primer fitoplankton dan struktur komunitas fauna makrobenthos yang berasosiasi dengan hutan mangrove dalam hubungannya dengan kerapatan pohon mangrove. Pada bulan Mei dan Juni 2009 di Kawasan Konservasi Mangrove dan Bekantan, Kota Tarakan, Kalimantan Timur telah dilakukan studi tentang produktivitas primer fitoplankton dan struktur komunitas fauna makrobenthos berdasarkan kerapatan mangrove, yaitu kerapatan jarang, sedang dan padat. Pengambilan sampel fauna makrobenthos dilakukan di lima plot di tiap kerapatan. Produktivitas primer fitoplankton diestimasi dengan pengukuran kandungan klorofil-a menggunakan rumus Strickland. Keanekaragaman jenis fauna makrobenthos di hitung dengan Indeks Shannon. Produktivitas primer fitoplankton di kerapatan jarang berkisar antara $50,13 \pm 5,53 \text{ mgC/m}^3/\text{hari}$; di kerapatan sedang berkisar antara $45,32 \pm 6,48 \text{ mgC/m}^3/\text{hari}$; dan di kerapatan padat berkisar antara $41,48 \pm 6,48 \text{ mgC/m}^3/\text{hari}$. Indeks Keanekaragaman di kerapatan jarang 2,24-2,61; di kerapatan sedang 1,33-2,51 dan di kerapatan padat 1,35-2,51. Hasil penelitian menunjukkan keterkaitan yang kuat antara keanekaragaman jenis fauna makrobenthos dengan kerapatan mangrove.

Kata kunci: *mangrove, fitoplankton, diversitas, makrobenthos.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat kesehatan dan kesempatan yang diberikan-Nya, sehingga penulisan tesis ini dapat diselesaikan. Tesis ini berisi penelitian tentang Analisis Produktivitas Primer Fitoplankton dan Struktur Komunitas Fauna Makrobenthos berdasarkan kerapatan mangrove di Kawasan Konservasi Mangrove dan Bekantan, Kota Tarakan, Kalimantan Timur.

Kandungan klorofil-a rata-rata menurun dengan meningkatnya kerapatan mangrove. Besarnya kandungan klorofil-a di kerapatan jarang menunjukkan kelimpahan fitoplankton yang lebih tinggi. Tingginya kelimpahan fitoplankton menyebabkan produktivitas primer perairan terlalu tinggi hingga terjadi kondisi lewat jenuh (*over saturated*) pada siang hari.

Gastropoda merupakan fauna paling berlimpah, disusul Bivalvia, selanjutnya Sipuncula dan Crustacea, Polychaeta yang paling sedikit. Umumnya, kelimpahan Gastropoda dan Bivalvia semakin berkurang dengan meningkatnya kerapatan mangrove. Crustacea (*Sesarma* sp dan *Uca* sp) memberikan respon berbeda terhadap kerapatan mangrove. Kelimpahan *Sesarma* sp semakin berkurang dengan meningkatnya kerapatan mangrove, sedangkan *Uca* sp lebih banyak ditemukan di kerapatan padat. Kelimpahan Sipuncula semakin berkurang dengan meningkatnya kerapatan mangrove, sedangkan Polychaeta paling banyak ditemukan di kerapatan sedang.

Hasil uji Kruskal-Wallis terhadap kelimpahan jenis menunjukkan bahwa masing-masing fauna makrobenthos memberikan respon yang berbeda terhadap kerapatan mangrove. Umumnya, perbedaan kelimpahan fauna makrobenthos

antara kerapatan jarang dengan kedua kerapatan lainnya lebih besar daripada antara kerapatan sedang dengan kerapatan padat.

Nilai indeks kekayaan jenis menunjukkan status ekosistem dalam kondisi moderat atau tidak stabil yang berarti bahwa komponen-komponen penyusun komunitas fauna makrobenthos mulai mengalami gangguan lingkungan. Jumlah jenis maupun jumlah individu setiap jenis fauna makrobenthos akan mudah berubah, jika mengalami sedikit saja peningkatan gangguan lingkungan bisa mengakibatkan kondisi yang buruk. Nilai indeks kesamaan menunjukkan kesamaan jenis fauna makrobenthos yang menyusun komunitas sangat tinggi.

Indeks keanekaragaman jenis fauna makrobenthos di semua plot di kerapatan jarang masuk dalam kategori tinggi, berarti komunitas fauna makrobenthos berada dalam kondisi stabil yang berarti bahwa komunitas fauna makrobenthos tidak terganggu dengan kualitas lingkungan dan dapat hidup baik dengan kondisi lingkungan yang ada. Indeks keanekaragaman jenis fauna makrobenthos di kerapatan sedang dan padat masuk dalam kategori rendah hingga tinggi. Ada kemiripan pola indeks keanekaragaman jenis antara kerapatan sedang dan padat, pada plot-plot yang lebih dekat dengan sungai pasang surut nilai indeks keanekaragaman jenis tinggi. Nilai koefisien kontingensi menunjukkan adanya keterkaitan yang cukup kuat antara keanekaragaman jenis fauna makrobenthos dengan kerapatan mangrove.

Semarang, April 2010

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
 BAB I : PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Waktu dan Tempat Penelitian	4
 BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	 7
2.1. Zona Konservasi	7
2.2. Produktivitas Primer	7
2.3. Fitoplankton	8
2.4. Hutan Mangrove	9
2.4.1. Produksi serasah	10
2.4.2. Nitrogen dan Fosfor	11
2.4.3. Fungsi ekologis	12
2.4.4. Produktivitas alga di hutan mangrove	13
2.5. Fauna Makrobenthos	14
2.5.1. Faktor lingkungan yang mempengaruhi fauna makrobenthos	 15
2.5.2. Fauna makrobenthos yang berasosiasi dengan hutan mangrove	 17
2.6. Indeks Keanekaragaman Jenis Fauna Makrobenthos	22
 BAB III : METODE PENELITIAN	 24
3.1. Metode Penelitian	24
3.2. Penentuan Stasiun Pengamatan	22
3.3. Pengambilan Sampel Fauna Makrobenthos	25
3.4. Pengukuran Intensitas Cahaya	27
3.5. Pengukuran Produksi Serasah	27
3.6. Pengukuran Kualitas Air	28
3.7. Sampel Substrat	28
3.7.1. Analisa tekstur substrat	28
3.7.2. Analisa kandungan Nitrogen total	31
3.7.3. Analisa kandungan Fosfor tersedia	31
3.8. Pengukuran Kandungan Klorofil-a Fitoplankton	32
3.9. Analisis Data	33
3.9.1. Kerapatan mangrove	33
3.9.2. N-total dan P-tsd substrat	33

3.9.3. Produktivitas primer	34
3.9.4. Kelimpahan jenis	35
3.9.5. Nilai Penting	35
3.9.6. Indeks kekayaan jenis	36
3.9.7. Indeks Kesamaan	37
3.9.8. Indeks Keanekaragaman Jenis	37
3.9.9. Uji Kruskal-Wallis	38
3.9.10. Analisis Cluster	38
3.9.11. Koefisien Kontingensi	39
 BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	 40
4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	40
4.2. Parameter Fisika dan Kimia Air	42
4.3. Produksi Serasah	45
4.4. Intensitas Cahaya	46
4.5. N-total dan P- <i>tsd</i>	46
4.6. Klorofil- <i>a</i> dan Produktivitas Primer Fitoplankton	47
4.7. Fauna Makrobenthos	49
4.7.1. Kelimpahan jenis	49
4.7.2. Nilai Penting	57
4.7.3. Komposisi Fauna Makrobenthos	59
4.7.4. Indeks kesamaan	60
4.7.5. Indeks keanekaragaman jenis	60
4.8. Komposisi dan Kelimpahan Fauna Makrobenthos	46
4.9. Indeks Keanekaragaman	53
 BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN	 63
5.1. Kesimpulan	63
5.2. Saran	63
 DAFTAR PUSTAKA	 64

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Kriteria Baku Kerapatan Mangrove	25
2. Koordinat Plot Pengambilan Sampel	26
3. Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Air	28
4. Klasifikasi Butiran Tanah	29
5. Kriteria Indeks Kekayaan Jenis Fauna Makrobenthos	36
6. Kriteria Kesamaan Jenis Fauna Makrobenthos	37
7. Kriteria Indeks Keanekaragaman Jenis Fauna Makrobenthos	38
8. Kriteria Keterkaitan Berdasarkan Nilai Koefisien Kontingensi	39
9. Famili dan Jenis Vegetasi Mangrove di KKMB	41
10. Hasil Analisa Tekstur Substrat KKMB	42
11. Parameter Fisika dan Kimia Air KKMB	43
12. Produksi Serasah, Intensitas Cahaya, N-total, P-tsd, Klorofil-a dan Produktivitas Primer (PP) Fitoplankton	46
13. Kelimpahan Fauna Makrobenthos (individu/25mP ²)	50
14. Nilai Penting (%) Fauna Makrobenthos	57
15. Komposisi Fauna makrobenthos berdasarkan kerapatan mangrove	59
16. Indeks Kesamaan Jenis Fauna Makrobenthos	60
17. Indeks Keanekaragaman Jenis (H') Fauna Makrobenthos Berdasarkan Kerapatan Mangrove	61

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Kerangka perumusan masalah	3
2. Lokasi penelitian, KKMB Kota Tarakan, Kalimantan Timur	6
3. Metode kuadran <i>point-quarter</i>	25
4. Skema pengambilan sampel	26
5. Segitiga tekstur tanah	29

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Peta Kerapatan Mangrove dan Plot Pengambilan Sampel	71
2. Pengukuran Intensitas Cahaya	72
3. Pemetaan Hasil Analisa Substrat ke Segitiga Tekstur Tanah	75
4. Morfologi Cangkang Gastropoda	76
5. Gastropoda yang Ditemukan	77
6. Morfologi Cangkang Bivalvia	80
7. Bivalvia yang Ditemukan	81
8. Morfologi Brachyura	82
9. Brachyura yang Ditemukan	83
10. Morfologi Polychaeta dan Polychaeta yang Ditemukan	84
11. Morfologi Sipuncula dan Sipuncula yang Ditemukan	85
12. Kepadatan, Ki, KR, Fi , FR dan INP Spesies per Plot di Kerapatan Jarang	86
13. Kepadatan, Ki, KR, Fi, FR dan INP Spesies per Plot di Kerapatan Sedang	87
14. Kepadatan, Ki, KR, Fi, FR dan INP Spesies per Plot di Kerapatan Padat	88
15. Hasil Uji Kruskall Wallis	89
16. Hasil Analisis Cluster	93
17. Indeks Keanekaragaman Jenis per Plot	95
18. Hasil Uji Koefisien Kontingensi	96
19. Grafik Pasang Surut Bulan Mei dan Juni 2009	97

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Pemerintah Kota Tarakan melalui SK Walikota Tarakan No. 591/HK-V/257/2001 tentang pemanfaatan hutan mangrove Kota Tarakan ditujukan untuk Kawasan Hutan Mangrove seluas 9 ha di Jl. Gajah Mada. Kawasan tersebut diberi nama Kawasan Konservasi Mangrove dan Bekantan (KKMB). Kawasan ini berdampingan dengan Pelabuhan Pendaratan Ikan, kawasan industri cold storage, pemukiman padat dan pusat perbelanjaan.

Aktivitas di sekitar kawasan, seperti pembuangan limbah domestik, detergent, air ballast, dan limbah kimia dapat membawa dampak negatif terhadap kualitas air di sekitar KKMB. Dampak negatif yang ditimbulkan akan berdampak buruk terhadap fauna makrobenthos yang hidup di dalam KKMB. Selain itu, kualitas air di sekitar KKMB juga berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton dan produktivitas primernya. Kelimpahannya dan hasil produksi primernya juga akan mempengaruhi kehidupan makrobenthos di KKMB terutama pada saat pasang, dimana tinggi air laut menutupi dasar KKMB.

Pada tahun 2006, Pemerintah Kota Tarakan memperluas KKMB menjadi sekitar 22 ha. Upaya perluasan ini dilakukan dengan penanaman kembali pohon mangrove di atas lahan bekas tambak seluas sekitar 13 ha (BPLH Kota Tarakan, 2008). Zona Konservasi mangrove ditetapkan dalam Perda Nomor 03 Tahun 2006 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Tarakan (BAPPEDA Kota Tarakan, 2006).

1.2. Perumusan Masalah

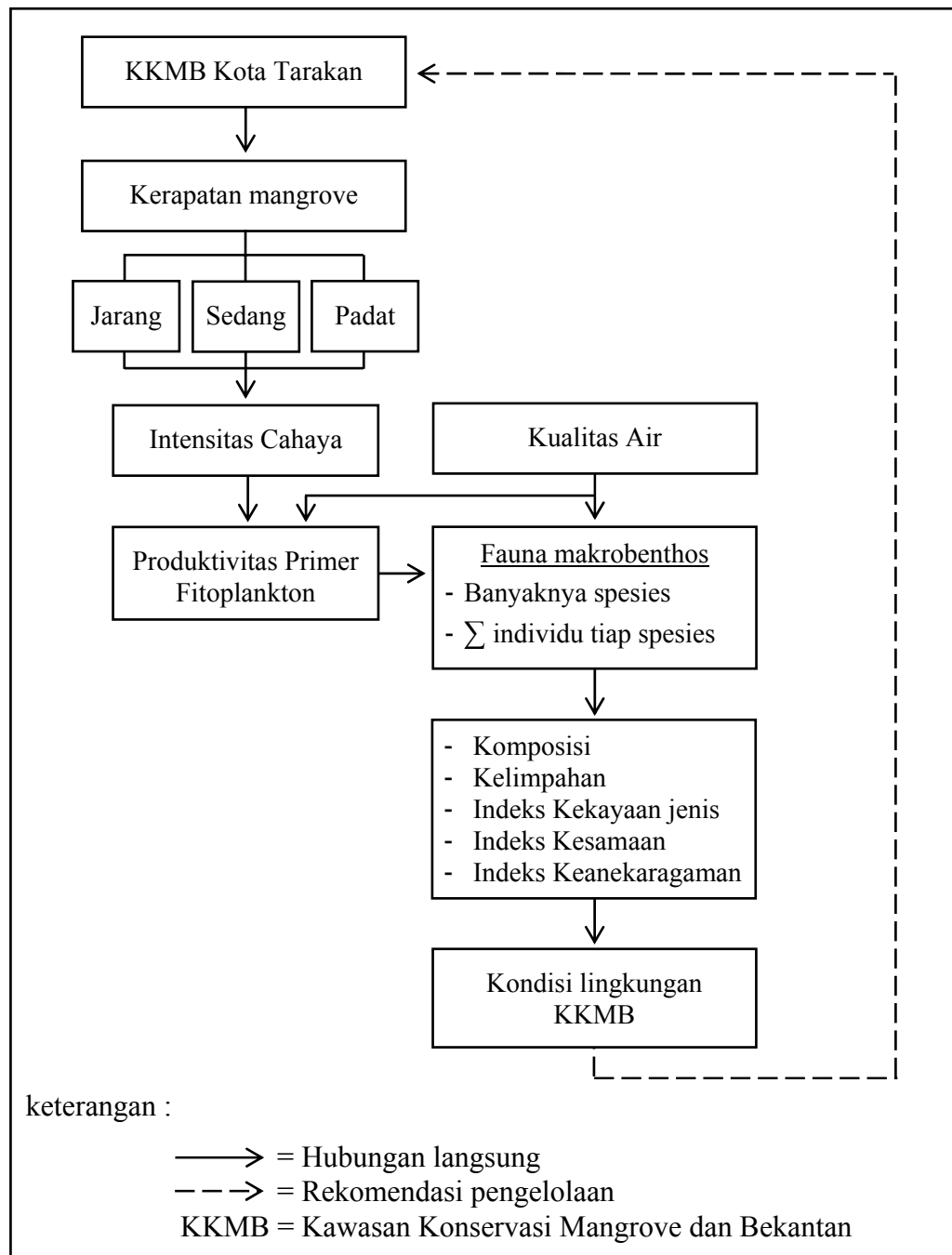
Upaya perluasan KKMB harus didukung dengan pengetahuan tentang kerapatan pohon mangrove yang baik ditinjau dari aspek ekologis. Berapa jumlah pohon yang akan ditanam, agar kerapatan mangrove sesuai untuk menjaga keanekaragaman jenis fauna yang hidup di dalamnya, diantaranya adalah fauna makrobenthos. Untuk itu perlu dilakukan suatu penelitian tentang hubungan antara kerapatan mangrove dengan fauna makrobenthos.

Kerapatan mangrove berkaitan erat dengan tutupan kanopi, semakin tinggi kerapatan mangrove, maka tutupan kanopi juga semakin luas. Luas tutupan kanopi akan mempengaruhi intensitas cahaya yang masuk sampai ke dasar hutan pada saat surut, serta permukaan air laut pada saat air pasang mengenai kawasan mangrove. Produktivitas primer fitoplankton sangat tergantung pada intensitas cahaya yang sampai ke permukaan air. Selain itu, kualitas air juga berpengaruh terhadap kesuburan fitoplankton, serta produktivitas primernya.

Hutan mangrove memiliki beberapa fungsi ekologis. Salah satu fungsinya adalah sebagai penghasil sejumlah besar detritus, terutama yang berasal dari serasah (daun, ranting, bunga dan buah yang gugur). Sebagian detritus ini dimanfaatkan sebagai bahan makanan oleh fauna makrobenthos pemakan detritus, sebagian lagi diuraikan secara bakterial menjadi unsur hara yang berperan dalam penyuburan perairan.

Kerapatan mangrove sangat mempengaruhi produksi serasah. Semakin tinggi kerapatan mangrove, maka produksi serasah semakin besar. Besarnya produksi serasah mempengaruhi jumlah detritus dan unsur hara yang dihasilkan. Banyaknya detritus berpengaruh terhadap banyaknya fauna benthos yang memanfaatkannya

sebagai makanan. Demikian pula dengan unsur hara yang sangat berpengaruh terhadap kesuburan alga bentik yang pada gilirannya akan mempengaruhi banyaknya fauna makrobenthos yang mengkonsumsinya. Kerangka perumusan masalah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka perumusan masalah.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk :

1. Menganalisis keterkaitan kerapatan mangrove dengan produktivitas primer fitoplankton.
2. Menganalisis komunitas fauna makrobenthos berdasarkan kerapatan mangrove.
3. Menganalisis kualitas lingkungan kawasan mangrove berdasarkan keanekaragaman jenis fauna makrobenthos.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dan memberi manfaat, sebagai berikut :

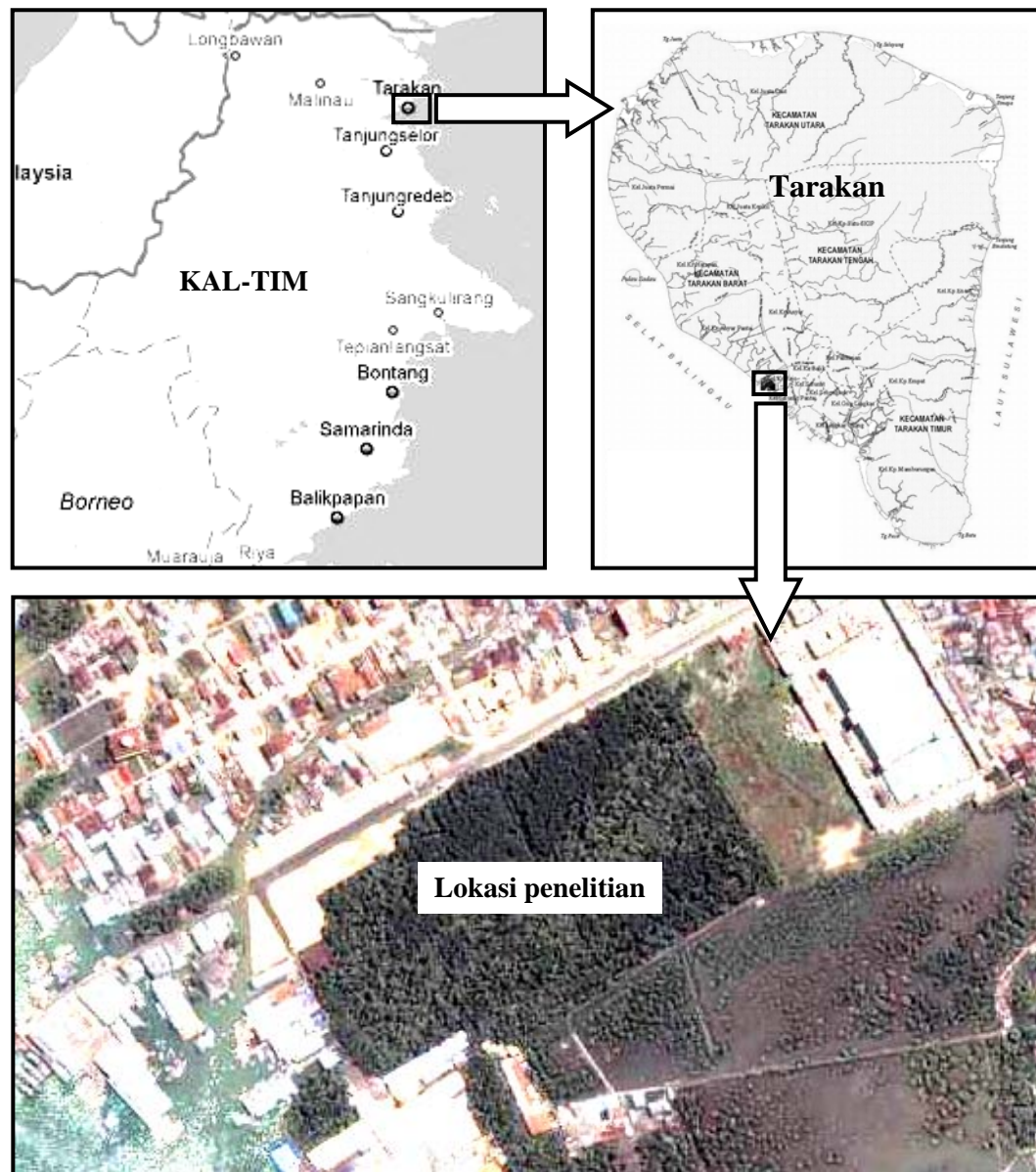
1. Dapat mengungkapkan keterkaitan antara kerapatan mangrove dengan produktivitas primer fitoplankton.
2. Dapat mengungkapkan keterkaitan antara kerapatan mangrove dengan kondisi komunitas fauna makrobenthos yang hidup di dalam kawasan konservasi.
3. Dapat mengungkapkan kondisi lingkungan KKMB, serta menjadi sumber data dan informasi bagi Pemerintah Kota Tarakan untuk pengelolaan KKMB lebih lanjut.

1.5. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei – Juni 2009. Pada bulan Mei dan Juni, posisi matahari terhadap bumi sudah lebih condong ke utara, kondisi ini menyebabkan penyinaran matahari yang tinggi dan curah hujan yang rendah di Pulau Tarakan. Disamping itu keadaan cuaca di Tarakan relatif tenang, karena pada

bulan-bulan tersebut jarang terjadi angin kencang dan curah hujan rendah. Kondisi cuaca yang tenang, penyinaran matahari yang tinggi dan curah hujan yang rendah sangat mendukung kegiatan pengambilan produksi serasah yang akan diamati dalam penelitian ini. Selain itu pada bulan Mei – Juni, kisaran pasang surut dan tinggi puncak air pasang pada pagi hari lebih tinggi daripada malam hari. Hal ini memudahkan pengukuran kualitas air yang dilakukan pada saat pasang tertinggi.

Penelitian dilaksanakan di Kawasan Konservasi Mangrove dan Bekantan (KKMB) Kota Tarakan, Kalimantan Timur. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Lokasi penelitian, KKMB Kota Tarakan, Kalimantan Timur.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Zona Konservasi

Zona konservasi didefinisikan sebagai wilayah yang memiliki biodiversitas yang tinggi, dan biasanya memiliki jenis-jenis endemik, langka maupun yang terancam punah. Wilayah tersebut terdiri dari habitat yang belum terjamah atau masih asli yang luas yang memiliki posisi yang penting baik dalam skala lokal, regional, nasional atau bahkan dunia (DKP, 2004). Zona konservasi dapat dimanfaatkan secara sangat terbatas, yang didasarkan atas pengaturan yang ketat (DKP, 2002). Zona konservasi dapat dimanfaatkan bagi kepentingan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, budaya, pariwisata, dan rekreasi.

2.2. Produktivitas Primer

Produktivitas primer adalah laju pembentukan senyawa-senyawa organik dari sumber anorganik. Karena produktivitas primer merupakan fotosintesis, biasanya diukur dengan produksi jumlah oksigen atau asimilasi CO₂ (Carleton, 2009). Produksi primer adalah produksi senyawa organik dari komponen anorganik, memanfaatkan energi dari sumberdaya eksternal, terutama melalui proses fotosintesis dan kemosintesis (Dobson dan Frid, 1998). Produktivitas primer dibatasi oleh cahaya, karena cahaya dibutuhkan untuk proses fotosintesis. Laju fotosintesis akan tinggi bila tingkat intensitas cahaya tinggi dan menurun bila intensitas cahaya menurun (Nybakken, 1988). Folkowski dan Raven (1997)

menambahkan bahwa cahaya merupakan komponen utama dalam proses fotosintesis dan secara langsung bertanggung jawab terhadap nilai produktivitas primer perairan.

2.3. Fitoplankton

Fitoplankton adalah alga uniseluler mikroskopis yang terdiri atas sejumlah besar klas yang berbeda. Fitoplankton adalah tumbuhan renik yang biasanya mengapung di permukaan air atau di melayang di kolom air. Fitoplankton mengandung klorofil yang memungkinkan organisme ini melakukan fotosintesis. Fitoplankton ketika berada dalam jumlah yang besar dapat tampak sebagai warna hijau di air karena mereka mengandung klorofil dalam sel-selnya, walaupun warna sebenarnya dapat bervariasi untuk setiap jenis fitoplankton karena kandungan klorofil yang berbeda beda atau memiliki tambahan pigmen seperti *phycobiliprotein*. (Thurman, 1997).

Untuk keperluan fotosintesis, fitoplankton harus berada pada zona *euphotic* (bagian permukaan) lautan, danau atau kumpulan air yang lain. Melalui fotosintesis, fitoplankton menghasilkan banyak oksigen yang memenuhi atmosfer bumi. Fitoplankton juga sangat tergantung dengan ketersediaan nutrisi untuk pertumbuhannya. Nutrisi-nutrisi ini terutama makronutrisi seperti nitrat, fosfat atau asam silikat, yang ketersediaannya diatur oleh kesetimbangan antara mekanisme yang disebut pompa biologis dan *upwelling*. Kemampuan fitoplankton untuk mensintesis sendiri bahan organik mereka menjadikan mereka sebagai dasar dari sebagian besar rantai makanan di ekosistem lautan dan di ekosistem air tawar (UNEP, 1998).

2.4. Hutan Mangrove

Mangrove dapat didefinisikan secara luas sebagai tipe vegetasi yang terdapat di lingkungan laut dan perairan payau. Secara umum dibatasi zona pasang-surut, mulai dari batas air surut terendah hingga pasang tertinggi (Giesen *et al*, 2006). Struktur vegetasi hutan mangrove meliputi pohon dan semak yang terdiri atas 12 genera tumbuhan berbunga (*Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Xylocarpus*, *Lumnitzera*, *Laguncularia*, *Aegiceras*, *Aegiatilis*, *Snaeda* dan *Conocarpus*) yang termasuk ke dalam delapan famili (Bengen, 2004). Komunitas mangrove hidup di daerah pantai terlindung di daerah tropis dan subtropis. Hampir 75% tumbuhan mangrove hidup di antara 35°LU-35°LS, terbanyak di kawasan Asia Tenggara (McGill, 1958 dalam Supriharyono, 2007).

Jenis mangrove yang berbeda tidak tersebar secara acak, tetapi seringkali terpisah dalam zona-zona monospesifik. Zonasi jenis mangrove dapat dilakukan dengan pertimbangan yang berbeda. Pada pasang surut yang mendominasi pantai, seringkali terjadi zonasi jenis yang jelas secara vertikal (Hogart, 2007). Salah satu tipe zonasi hutan mangrove di Indonesia, daerah yang paling dekat dengan laut sering ditumbuhi *Avicennia* dan *Sonneratia* (biasa tumbuh pada lumpur tebal yang kaya bahan organik); lebih ke arah darat, hutan mangrove umumnya didominasi oleh *Rhizophora* spp, juga dijumpai *Bruguiera* dan *Xylocarpus*; zona berikutnya didominasi oleh *Bruguiera* spp (Bengen, 2004). Penyebaran vegetasi mangrove ditentukan oleh berbagai faktor lingkungan, diantaranya adalah salinitas. Zona air payau hingga air laut dengan salinitas berkisar 10 – 30‰; area yang terendam sekali atau dua kali sehari selama 20 hari dalam sebulan, hanya *Rhizophora mucronata* yang masih dapat tumbuh; area yang terendam 10 – 19 kali per bulan,

ditemukan *Avicennia* (*A. alba*, *A. marina*), *Sonneratia sp*, dan dominan *Rhizophora sp* De Haan, 1931 dalam Bengen, 2004).

Kenyataannya, zonasi jenis mangrove tidak sesederhana ini. *Avicennia* sering mempunyai sebaran *bimodal*, berlimpah di daerah yang paling dekat dengan laut dan kadang-kadang juga berlimpah di daerah atas pantai (*upshore*). Zonasi vertikal jenis mangrove dapat berulang di tepi-tepi teluk dan sungai-sungai pasang surut, sehingga menghasilkan pola dua dimensi yang kompleks. Pada skala yang sedikit lebih luas, zonasi reguler jenis juga bisa terjadi berdasarkan jarak dari sungai, berinteraksi dengan zonasi vertikal berdasarkan tingkat pasang (Hogart, 2007).

2.4.1. Produksi serasah

Guguran daun, biji, batang dan bagian lainnya dari mangrove sering disebut serasah. Mangrove mempunyai peran penting bagi ekologi yang didasarkan atas produktivitas primernya dan produksi bahan organik yang berupa serasah, dimana bahan organik ini merupakan dasar rantai makanan. Serasah dari tumbuhan mangrove ini akan terdeposit pada dasar perairan dan terakumulasi terus menerus dan akan menjadi sediment yang kaya akan unsur hara, yang merupakan tempat yang baik untuk kelangsungan hidup fauna makrobenthos (McConnaughey dan Zottoli, 1983).

Produksi serasah besar pada bulan-bulan musim panas yang kering saat kanopi menipis untuk mengurangi transpirasi, dan pada musim hujan yang basah saat masukan air tawar meningkatkan suplai unsur hara (Roy, 1997; Wafar *et al.*, 1997). Serasah *Rhizophora stylosa* dan *Avicennia marina* paling banyak saat iklim panas pada musim kemarau yang singkat, tetapi serasah *Ceriops tagal*

paling banyak saat iklim panas pada musim dingin kering yang panjang (Bunt, 1995). Produksi serasah *A. marina* tinggi pada periode *post-monsoon* dan rendah pada musim *pre-monsoon* (Ghosh *et al.*, 1990). Deviasi dari pola produksi serasah ini diakibatkan oleh tekanan kekeringan pada habitat (Saenger dan Snedaker, 1993).

Jumlah serasah (gugur daun, ranting, atau lainnya) rata-rata 8-10 ton berat kering/ha/th (Alongi, 1998). Sedangkan Tam *et al.* (1998) menyatakan bahwa produksi rata-rata serasah tahunan adalah sekitar 11,7 ton/ha/th dengan kontribusi daun dan bahan-bahan reproduktif lebih dari 70% produksi total serasah. Ada pola musiman yang jelas, puncak produksi serasah terjadi pada bulan Agustus. Variasi produksi total serasah tahunan tidak signifikan. Kuriandewa (2003) menambahkan bahwa besar kecilnya produksi serasah mangrove dipengaruhi oleh kerapatan dan jenis mangrove.

2.4.2. Nitrogen dan Fosfor

Ketersediaan nitrogen anorganik tergantung pada pola aktivitas bakteri yang kompleks di dalam tanah. Tanah mangrove sebagian besar anoksik, terpisah dari zone aerob yang sangat tipis di permukaan. Amoniak dihasilkan oleh fiksasi nitrogen atau dekomposisi bahan organik di dalam zone anoksik. Amoniak naik ke lapisan aerob. Meski sebagian hilang ke atmosfer, tapi amoniak mungkin dioksidasi oleh bakteri aerob, pertama menjadi nitrit, lalu nitrat. Nitrat dapat dimanfaatkan oleh akar mangrove; diasimilasi oleh bakteri; atau dirombak lebih lanjut oleh bakteri anaerob menjadi gas nitrogen atau nitro oksida. Gas nitrogen terdifusi melalui tanah dan akhirnya ke atmosfer. Nitrat yang tersedia untuk akar mangrove bergantung pada keseimbangan antara proses ini, sesuai tingkat

oksigenisasi tanah, bergantung pada penggenangan dan komposisi lahan. Oksigenisasi tanah juga dipengaruhi oleh liang fauna dan keluaran gas dari akar mangrove (Hogart, 2007).

Ketersediaan fosfat dalam substrat mangrove berasal dari kolom air dan adsorpsi oleh sedimen sebagai ferri-fosfat yang tak larut. Dalam kondisi anaerob, ferri-fosfat diubah menjadi ferro-fosfat. Proses ini dilakukan oleh aktivitas metabolisme bakteri, dan bukan dari proses kimia atau fisik. Hilangnya fosfat bergantung pada porositas tanah, pada tanah liat pertukaran antara air tanah dan kolom air lebih sedikit, oleh karena itu tanah seperti itu lebih kaya fosfat dan menyebabkan pertumbuhan mangrove menjadi lebih subur (Hutchings dan Saenger, 1987).

Umumnya, tanah mangrove rendah unsur hara. Dalam kondisi oligotrofik, pohon mangrove bersifat efisien dalam memperoleh dan menggunakan unsur hara. Mereka memperkecil kehilangan unsur hara dengan menarik 77% Nitrogen dan 58% Fosfor dari daun *Kandelia candel* (Wang *et al.*, 2003). Pohon mangrove mendapat kembali unsur hara dari tanah dengan pertumbuhan akar ke dalam akar pohon lain yang membusuk dan akar tua (McKee, 2001).

2.4.3. Fungsi ekologis

Sebagai suatu ekosistem khas wilayah pesisir, hutan mangrove memiliki beberapa fungsi ekologis (Bengen, 2004), yaitu: i) sebagai peredam gelombang dan angin badai, pelindung pantai dari abrasi, penahan lumpur dan perangkap sedimen yang diangkut oleh aliran air permukaan; ii) sebagai penghasil sejumlah detritus, terutama yang berasal dari daun dan dahan pohon mangrove yang rontok.

Sebagian besar detritus ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan bagi pemakan detritus, dan sebagian lagi diuraikan secara bakterial menjadi mineral-mineral hara yang berperan dalam penyuburan perairan; iii) sebagai daerah asuhan (*nursery ground*), daerah mencari makanan (*feeding ground*) dan daerah pemijahan (*spawning ground*) bermacam biota perairan, baik yang hidup di perairan pantai maupun lepas pantai.

Bahan organik hasil dekomposisi serasah hutan mangrove merupakan mata rantai ekologis utama yang menghubungkannya dengan perairan di sekitarnya. Banyaknya bahan organik menjadikan hutan mangrove sebagai tempat sumber makanan dan tempat asuhan berbagai biota seperti ikan, udang dan kepiting. Produksi ikan dan udang di perairan laut sangat bergantung dengan produksi serasah yang dihasilkan oleh hutan mangrove (Coto *et al*, 1986).

Mangrove sangat produktif, 86% dari produktivitas bersih didaur ulang, namun komponen substansial diekspor ke daerah sublitoral sekitarnya. Sebagian besar produktivitas itu adalah dari gugur daun, yang mana mayoritas menjadi detritus di dasar hutan, di mana bakteri dan jamur menghancurkannya. Partikel-partikel berkurang dalam waktu karena di konsumsi oleh ikan, udang dan kepiting, serta mengalir keluar dari ekosistem mangrove, sekitar 25% diekspor ke laut (Giesen *et al*, 2006).

2.4.4. Produktivitas alga di hutan mangrove

Komunitas fitoplankton dan mikroalga bentik memberi kontribusi penting pada fungsi lingkungan mangrove. Menurut Robertson *et al*. (1991), fitoplankton menanggung 20% dari produksi total mangrove. Kawabata *et al*. (1993) menambahkan bahwa fitoplankton menanggung 20-22% dari produksi total

mangrove. Kontribusi fitoplankton pada produktivitas mangrove di area terbatas jauh lebih rendah. Kontribusi bersama fitoplankton dan makroalga kurang dari 10% dari produksi primer bersih di hutan mangrove Hongkong (Lee, 1990). Boto dan Robertson (1990) mengestimasi bahwa kontribusi bersama cyanobacteria, mikroalga dan makroalga bentik hanya 6% dari produksi primer kotor di ekosistem mangrove Australia timur-laut.

Menurut Alongi (1994) turbiditas yang tinggi, fluktuasi salinitas yang besar yang membatasi produktivitas mikroalga. Harrison *et al.* (1994) menambahkan kecilnya perbandingan antara aliran air terbuka dengan area hutan mangrove menyebabkan tingkat pencahayaan rendah dan teduh juga membatasi produktivitas mikroalga, khususnya mikroalga bentik. Suhu musim panas yang tinggi juga membatasi produksi (Lee, 1990). Tingkat produksi primer umumnya rendah pada musim kemarau, meningkat saat surut dan menurun saat pasang (Kitheka, 1996).

2.5. Fauna Makrobenthos

Menurut Dobson dan Frid (1998) komunitas benthos adalah organisme yang hidup di dasar perairan. Selanjutnya dinyatakan bahwa epifauna adalah yang hidup di atas dasar, sedangkan infauna hidup diantara partikel sedimen. Berdasarkan ukurannya fauna benthos dibagi menjadi makrofauna ($> 0,5$ mm), meiofauna (10-500 μ m) dan mikro-organisme (< 10 μ m).

Menurut Nybakken (1988) kelompok organisme dominan yang menyusun makrofauna di dasar lunak terbagi dalam empat kelompok, yaitu Polychaeta, Crustacea, Echinodermata dan Mollusca. Lebih lanjut dijelaskan bahwa

berdasarkan pola makannya, fauna benthos dibedakan menjadi tiga macam. Pertama, pemakan suspensi (*suspension feeder*) yang memperoleh makanannya dengan cara menyaring partikel-partikel melayang di perairan. Kedua, pemakan deposit (*deposit feeder*) yang mencari makanan pada sedimen dan mengasimilasikan bahan organik yang dapat dicerna dari sedimen. Ketiga, pemakan detritus (*detritus feeder*) yang hanya makan detritus.

2.5.1. Faktor lingkungan yang mempengaruhi fauna makrobenthos

Suhu merupakan parameter fisik yang sangat mempengaruhi pola kehidupan organisme perairan, seperti distribusi, komposisi, kelimpahan dan mortalitas. Suhu juga akan menyebabkan kenaikan metabolisme organisme perairan, sehingga kebutuhan oksigen terlarut menjadi meningkat (Nybakken, 1988). Kelas Polychaeta akan melakukan adaptasi terhadap kenaikan suhu atau salinitas dengan aktivitas membuat lubang dalam lumpur dan membenamkan diri di bawah permukaan substrat (Alcantara dan Weiss, 1991). menjelaskan bahwa peningkatan suhu perairan akan meningkatkan kecepatan metabolisme tubuh organisme yang hidup didalamnya, sehingga konsumsi oksigen menjadi lebih tinggi. Peningkatan suhu perairan sebesar 10°C, menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik sebanyak dua sampai tiga kali lipat (Effendi, 2000).

Salinitas dapat mempengaruhi penyebaran organisme benthos baik secara horizontal, maupun vertikal. Secara tidak langsung mengakibatkan adanya perubahan komposisi organisme dalam suatu ekosistem. (Odum, 1993). Gastropoda yang bersifat *mobile* mempunyai kemampuan untuk bergerak guna menghindari salinitas yang terlalu rendah, namun bivalvia yang bersifat *sessile*

akan mengalami kematian jika pengaruh air tawar berlangsung lama (Effendi, 2000). Menurut Hutabarat dan Evans (1985) kisaran salinitas yang masih mampu mendukung kehidupan organisme perairan, khususnya fauna makrobenthos adalah 15 - 35‰.

Kecerahan perairan dipengaruhi langsung oleh partikel yang tersuspensi didalamnya, semakin kurang partikel yang tersuspensi maka kecerahan air akan semakin tinggi. Selanjutnya dijelaskan bahwa penetrasi cahaya semakin rendah, karena meningkatnya kedalaman, sehingga cahaya yang dibutuhkan untuk proses fotosintesis oleh tumbuhan air berkurang. Oleh karena itu, secara tidak langsung kedalaman akan mempengaruhi pertumbuhan fauna benthos yang hidup didalamnya. Disamping itu kedalaman suatu perairan akan membatasi kelarutan oksigen yang dibutuhkan untuk respirasi (Nybakken, 1988). Interaksi antara faktor kekeruhan perairan dengan kedalaman perairan akan mempengaruhi penetrasi cahaya yang masuk ke dalam perairan, sehingga berpengaruh langsung pada kecerahan, selanjutnya akan mempengaruhi kehidupan fauna makrobenthos (Odum, 1993).

Nybakken (1988) menjelaskan bahwa substrat dasar merupakan salah satu faktor ekologis utama yang mempengaruhi struktur komunitas makrobenthos. Penyebaran makrobenthos dapat dengan jelas berkorelasi dengan tipe substrat. Makrobenthos yang mempunyai sifat penggali pemakan deposit cenderung melimpah pada sedimen lumpur dan sedimen lunak yang merupakan daerah yang mengandung bahan organik yang tinggi. Odum (1993) menyatakan bahwa substrat dasar atau tekstur tanah merupakan komponen yang sangat penting bagi kehidupan organisme. Substrat di dasar perairan akan menentukan kelimpahan

dan komposisi jenis dari hewan benthos. Correa dan Uieda (2008) menambahkan bahwa komposisi dan kelimpahan fauna invertebrata yang berasosiasi dengan mangrove berhubungan dengan variasi salinitas dan kompleksitas substrat.

pH merupakan faktor pembatas bagi organisme yang hidup di suatu perairan. Perairan dengan pH yang terlalu tinggi atau rendah akan mempengaruhi ketahanan hidup organisme yang hidup didalamnya (Odum, 1993). Effendi (2000) menambahkan bahwa sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai kisaran pH sekitar 7 – 8,5.

Oksigen terlarut merupakan variabel kimia yang mempunyai peran penting sekaligus menjadi faktor pembatas bagi kehidupan biota air (Nybakken, 1988). Lebih lanjut dinyatakan bahwa daya larut oksigen dapat berkurang dengan meningkatnya suhu air dan salinitas. Connel dan Miller (1995) menambahkan bahwa secara ekologis, konsentrasi oksigen terlarut juga menurun dengan adanya penambahan bahan organik, karena bahan organik tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang mengkonsumsi oksigen yang tersedia. Pada tingkatan jenis, masing-masing biota mempunyai respon yang berbeda terhadap penurunan oksigen terlarut.

2.5.2. Fauna makrobenthos yang berasosiasi dengan hutan mangrove

Menurut Hogarth (2007) invertebrata yang hidup di ekosistem mangrove diwakili beberapa filum, termasuk Moluska, Arthropoda, Sipuncula, Nematoda, Nemertean, Platyhelminthes, dan Annelida. Kennish (1990) dalam Fitriana (2006) menyatakan bahwa Molusca dan Crustacea mendominasi komunitas fauna benthik pada kebanyakan ekosistem mangrove. Menurut Hogarth (2007) Crustacea yang paling berlimpah dan beragam adalah Brachyura, atau kepiting

sejati, dan di antara jenis Brachyura mangrove yang dominan adalah famili Grapsidae dan Ocypodidae.

Golongan invertebrata merupakan komponen penting ekosistem mangrove, menyediakan berbagai sumber makanan bagi hewan lain yang lebih tinggi tingkat trofiknya (Chaudhuri dan Choudhury, 1994). Fungsi ekologis invertebrata benthos dapat dilihat dari produksi berjuta larva invertebrata dalam bentuk meroplankton (hidup sebagai plankton hanya pada stadium larva), larva ini merupakan sumber makanan bagi populasi ikan. Disamping itu, invertebrata benthos juga menjaga keseimbangan ekosistem dengan membuat lubang pada substrat, sehingga air dan udara dapat masuk ke dalam substrat dengan, karena itu dapat menambah oksigen dan unsur hara ke dalam substrat.

A. Molluska

Fauna Molluska utama di habitat mangrove terdiri dari bivalvia dan Gastropoda. Menurut Giesen *et al.* (2006), Moluska berlimpah di mangrove Asia Tenggara. Budiman (1985) menemukan 91 jenis Moluska di Seram yang terdiri atas organisme infauna, epifauna dan melekat pada tumbuhan. Organisme yang melekat pada tumbuhan terdiri atas fauna *sessile* (sebagian besar bivalvia) dan jenis yang bersifat *mobile*. Gastropoda umumnya adalah epifauna dan herbivora, sedangkan bivalvia biasanya infauna dan filter feeder (Printrakoon *et al.*, 2008). Moluska berperan penting dalam proses dekomposisi serasah dan mineralisasi bahan organik.

Komunitas Molluska sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik dan kimia lingkungan. Biomassa Molluska (52 jenis) konsisten di zona pasang tertinggi dan berkurang dengan bertambahnya kedalaman. Kelimpahan jenis meningkat dengan

meningkatnya salinitas (Jiang dan Li, 1995). Skilleter (1996) menggunakan komposisi kumpulan Molluska untuk menilai kesehatan dari hutan mangrove kota, karena sensitivitas Molluska pada lingkungan fisik dan kimia membuat mereka menjadi bioindikator yang baik.

Bivalvia, *Geloina erosa* dan *G. expansa*, kadang-kadang mengeluarkan lembaran organik tipis di bagian dalam cangkang. Pembentukan lembaran merupakan respon terhadap kerusakan cangkang di lingkungan mangrove yang asam, lembaran organik hanya terdapat pada spesimen-spesimen yang sudah mengalami kerusakan cangkang yang luas (Isaji, 1993, 1995).

Beberapa jenis Molluska bersifat kritis pada ekologi dasar hutan mangrove. Gastropoda mangrove *Thais kioskiformis* memegang peran utama dalam memelihara fungsi dan produktivitas mangrove dengan membersihkan teritip dari sistem perakaran mangrove (Koch dan Wolff, 1996). Gastropoda detritivorous *Terebralia palustris* membantu daur unsur hara di hutan mangrove dengan pengolahan serasah mangrove (Slim *et al.*, 1997).

B. Kepiting

Crustaceae merupakan fauna mangrove dengan penyebaran yang luas (Pearson, 1985 dalam Fitriana, 2006). Kepiting yang berlimpah di mangrove terutama jenis *Sesarma*, kelimpahannya 10-70 ind/m² (Macintosh, 1984). Menurut Wada dan Wowor (1989) kepiting yang berlimpah di mangrove adalah jenis *Uca*. Giesen *et al.* (1991) dalam Giesen *et al.* (2006) mencatat 28 jenis kepiting mangrove di Sulawesi Selatan, dan sering kali jenis yang dominan adalah *Sesarma* dan *Uca*. Daun-daun yang terapung di hutan mangrove di Costa Rica

didominasi oleh kepiting *Uca*, yaitu 77,8% dari semua organisme (Wehrtmann dan Dittel, 1990).

Kepiting yang hidup di mangrove melakukan penyesuaian terhadap fluktuasi suhu dan salinitas yang signifikan. Seperti grapsid *Metopograpsus messor*, masuk ke dalam lubangnya di mana variasi suhu lebih rendah dan secara konsisten lebih rendah dari suhu sedimen atau suhu udara. Saat keluar dari lubang, *M. messor* menggunakan pendinginan evaporatif untuk menjaga suhu tubuhnya lebih rendah dari udara sekitar (Eshky *et al.*, 1995). Kepiting hermit *Coenobita rugosus* dan *Coenobita cavipes* bersifat aktif 24 jam sehari, tetapi paling aktif ketika mereka berada di antara akar mangrove. *C. rugosus* dan *C. cavipes* melakukan hal ini karena di antara akar mangrove kecepatan angin dan potensi desikasi (pengeringan) lebih rendah (Barnes, 1997). Kepiting mangrove menunjukkan pola distribusi yang jelas terkait dengan karakteristik substrat, salinitas, tingkat penggenangan pasang surut, dan gelombang. Kondisi ini menghasilkan zonasi vertikal jenis kepiting (Chakraborty dan Choudhury, 1992; Kathiresan, 2000). Machiwa dan Hallberg (1995) juga menemukan zonasi horisontal kepiting. Grapsidae menempati batas terestrial mangrove, sedangkan asosiasi campuran Ocypodidae mendominasi daerah terbuka pada substrat pasir dan lumpur.

Uca dan *Macrophthalmus* spp. adalah detritivora yang mengekstrak makanannya dari sediment (Micheli *et al.*, 1991). Kepiting mangrove herbivora memakan langsung serasah mangrove, makanan kepiting sesarmidae terdiri dari material mangrove hingga 82% (Poovachiranon dan Tantichodok, 1991). *Sesarma meinertii* secara umum menyukai daun *B. gymnorrhiza* daripada *A.*

marina (Micheli *et al.*, 1991). Pilihan makanan tidak dipengaruhi oleh tannin, kadar air, persentase organik, rasio C:N, atau kekerasan daun. Banyak kepiting herbivorous, kadang-kadang menyimpan daun di dalam lubang mereka (Micheli, 1993). *S. meinertii* memilih daun-daun *B. gymnorhiza* dan *A. marina* yang kuning daripada yang hijau (Steinke *et al.*, 1993). *S. messa* dan *S. smithii* menyukai daun-daun yang busuk daripada yang masih segar dan mengabaikan jenis daun. *Neosarmatium meinerti* tidak memilih jenis mangrove, tetapi sangat menyukai daun-daun segar (Dahdouh *et al.*, 1997). *S. leptosoma* bergerak naik ke kanopi untuk makan daun-daun segar. Kepiting cenderung untuk kembali ke tempat makan yang sama setiap kali mereka ke kanopi dan bahkan mengikuti jalur yang sama untuk sampai ke sana (Cannicci *et al.*, 1996).

Survival *Chiromanthes bidens* dan *Parasesarma plicata* berhubungan langsung dengan umur dan jenis serasah. Mereka bertahan hidup sangat baik jika mengkonsumsi daun *A. marina* yang berwarna coklat, diikuti *K. candel* warna coklat, *A. Marina* kuning dan yang terakhir *K. candel* kuning (Kwok dan Lee, 1995). Mangrove pada lokasi yang berbeda di Venezuela menghasilkan daun dengan nilai gizi yang berbeda. Ukuran kepiting lebih kecil di lokasi-lokasi di mana pohon-pohon yang kerdil menghasilkan daun-daun bernilai gizi rendah (Conde dan Diaz, 1992; Conde *et al.*, 1995).

Konsumsi daun gugur oleh kepiting Grapsidae mempercepat dekomposisi material mangrove dan berperan pada daur unsur hara (Lee, 1998). Kepiting Sesarmidae bersama *Terebralia palustris* (Gastropoda), mengolah lebih dari 18% dari serasah yang jatuh (Slim *et al.*, 1997). *S. meinertii* mengkonsumsi 0,78

gr/m²/hari daun *A. marina* atau 43,58% dari daun yang gugur di rawa mangrove (Emmerson dan McGwynne, 1992).

Penggalan substrat yang dilakukan oleh kepiting, bersama dengan nematoda, polychaeta, dan ikan gelodok berpengaruh besar dalam siklus Karbon, Nitrogen dan Sulfur di dalam sedimen (Kristensen *et al.*, 1995). Juga berpengaruh besar dalam siklus unsur hara dan lingkungan fisik dan kimia hutan mangrove (Lee, 1998). Lubang kepiting meningkatkan *aerasi*, memudahkan pengeringan tanah, dan menunjang pertukaran unsur hara antara sedimen dan perairan pasang surut (Ruwa, 1990). Ridd (1996) menduga dalam area 1 km², 1.000–10.000 m³ air mengalir melalui lubang-lubang kepiting pada tiap siklus pasang surut. Umumnya, lubang kepiting mempunyai dua bukaan atau lebih dan dapat membentuk labirin luas dari terowongan yang saling berhubungan. Smith *et al.* (1991) menyatakan bahwa lubang kepiting membantu meningkatkan unsur hara tanah, serta pertumbuhan dan reproduksi mangrove.

2.6. Indeks Keanekaragaman Jenis Fauna Makrobenthos

Indeks keanekaragaman jenis (H') adalah angka yang menggambarkan keragaman jenis dalam suatu komunitas. Keanekaragaman jenis adalah suatu karakteristik tingkatan komunitas berdasarkan organisasi biologisnya. Keanekaragaman jenis dapat digunakan untuk menyatakan struktur komunitas. Suatu komunitas dikatakan mempunyai keanekaragaman jenis tinggi, jika komunitas itu disusun oleh banyak jenis dengan kelimpahan tiap jenis yang sama atau hampir sama. Sebaliknya, jika komunitas itu disusun oleh sangat sedikit jenis dan hanya sedikit saja jenis yang dominan, maka keanekaragaman jenisnya

rendah (Soegianto, 1994). Selanjutnya dinyatakan, bahwa keanekaragaman jenis yang tinggi menunjukkan bahwa suatu komunitas memiliki kompleksitas tinggi, karena dalam komunitas terjadi interaksi jenis yang tinggi pula. Jadi dalam suatu komunitas yang mempunyai keanekaragaman jenis yang tinggi akan terjadi interaksi jenis yang melibatkan transfer energi, predasi, kompetisi dan pembagian relung yang secara teoritis lebih kompleks. Konsep keanekaragaman jenis dapat digunakan untuk mengukur kemampuan suatu komunitas untuk menjaga dirinya tetap stabil (stabilitas komunitas), walaupun ada gangguan terhadap komponen-komponennya.

Keragaman jenis diukur berdasarkan jumlah jenis dan kelimpahan relatifnya. Diasumsikan bahwa populasi dari jenis-jenis yang secara bersama-sama membentuk komunitas, berinteraksi antara satu dengan lainnya dan dengan lingkungannya dalam berbagai cara menunjukkan jumlah jenis yang ada serta kelimpahan relatifnya. Pada umumnya keanekaragaman jenis komunitas diukur dengan memakai pola distribusi beberapa ukuran kelimpahan di antara jenis (Odum, 1993).

Lee *et al* (1978) dalam Soegianto (1994), mengklasifikasikan kualitas ekologis berdasarkan nilai H' fauna benthos menjadi empat, yaitu : i) tinggi ($H' > 2,0$), berarti bahwa komunitas bersangkutan berada dalam kondisi stabil; ii) sedang ($1,6 \leq H' \leq 2,0$), berarti bahwa stabilitas komunitas bersangkutan dalam kondisi moderat; iii) rendah ($1,0 \leq H' \leq 1,59$), berarti bahwa komunitas bersangkutan dalam kondisi tidak stabil; iv) sangat rendah ($H' < 1,0$), berarti bahwa komunitas bersangkutan dalam kondisi sangat tidak stabil.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

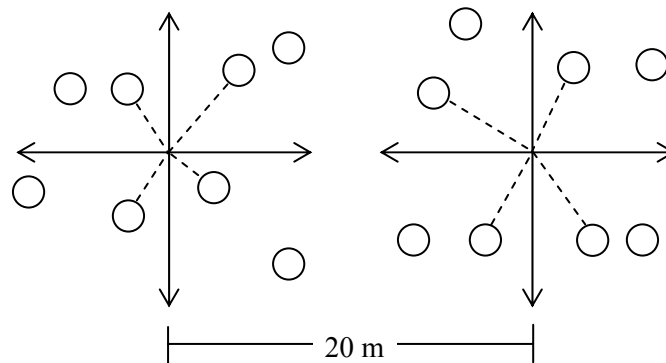
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif, yaitu suatu metode dalam meneliti status suatu objek pada masa sekarang. Tujuan dari penelitian deskriptif adalah untuk membuat deskripsi atau gambaran secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diselidiki (Nazir, 1999). Menurut Whitney (1960) dalam Nazir (1999), metode deskriptif adalah pencarian fakta dengan interpretasi yang tepat.

3.2. Penentuan Stasiun Pengamatan

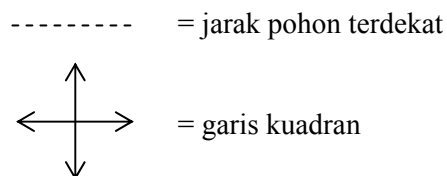
Sebelum stasiun pengamatan ditentukan, terlebih dahulu dilakukan pemetaan kerapatan mangrove (semua jenis). Pengukuran kerapatan mangrove dilakukan dengan metode kuadran *point-quarter* (Gambar 3). Metode ini dapat diterapkan dengan syarat distribusi pohon yang akan diteliti harus acak. Dalam metode ini ditetapkan titik-titik secara sistematis sepanjang garis transek tegak lurus garis pantai. Masing-masing titik dianggap sebagai pusat kuadran, sehingga dari tiap titik terdapat 4 kuadran. Pada masing-masing kuadran dilakukan pengukuran jarak pohon terdekat dengan pusat kuadran (Soegianto, 1994).

Pemetaan kerapatan dilakukan dengan menarik garis transek tegak lurus garis pantai. Jarak antar transek 20 meter, pada masing-masing transek ditetapkan

titik-titik sebagai pusat kuadran dengan jarak tiap titik 20 m. Dengan demikian luas petak pemetaan kerapatan mangrove adalah 20m x 20 m (Fachrul, 2007).



keterangan :



Gambar 3. Metode kuadran *point-quarter*.

Jarak yang diukur untuk pemetaan kerapatan mangrove hanya yang masuk dalam kriteria pohon, yaitu tumbuhan dengan ukuran tinggi > 1m dan diameter batang ≥ 10 cm (Fachrul, 2007). Kriteria kerapatan mangrove padat, sedang dan jarang dapat dilihat pada Tabel 1.

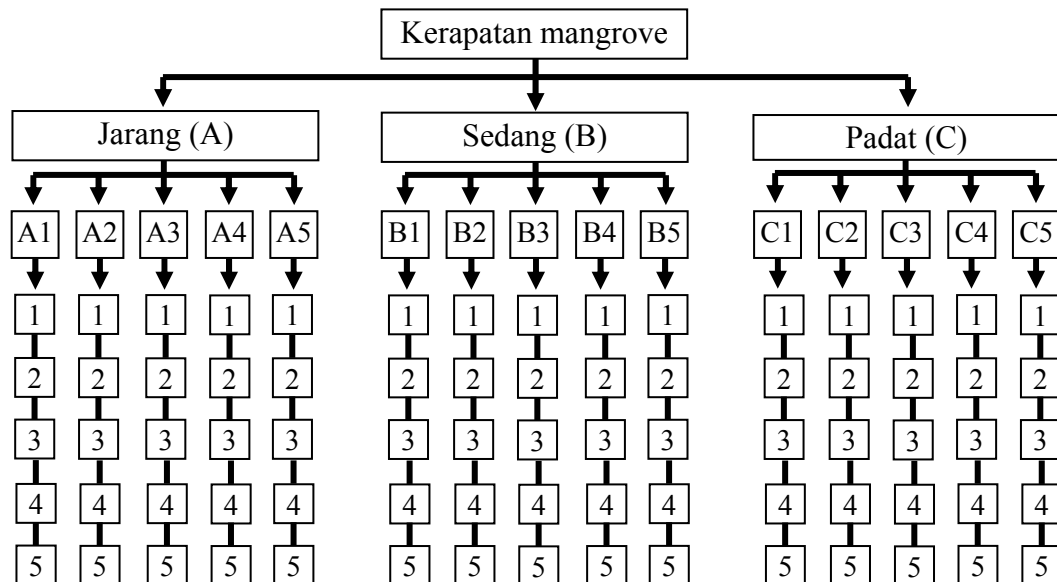
Tabel 1. Kriteria Baku Kerapatan Mangrove	
Kriteria	Kerapatan (pohon/ha)
Padat	≥ 1.500
Sedang	$\geq 1.000 - 1.500$
Jarang	< 1.000

Sumber : Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 201 tahun 2004

3.3. Pengambilan Sampel Fauna Makrobenthos

Berdasarkan hasil pemetaan kerapatan ditentukan 3 stasiun pengamatan, yaitu stasiun dengan kerapatan mangrove jarang, sedang dan padat. Secara

sistematik, ditetapkan lima plot berukuran 20 m x 20 m di ketiga stasiun. Koordinat posisi setiap plot dapat dilihat pada Tabel 2. Pengambilan sampel fauna makrobenthos dilakukan sebanyak 5 kali secara sistematik dengan metode bingkai bujursangkar (1 m x 1m) di dalam setiap plot.



Gambar 4. Skema pengambilan sampel.

Tabel 2. Koordinat Plot Pengambilan Sampel

Plot	Lintang Utara	Bujur Timur
A1	3°18'19,21"	117°34'39,58"
A2	3°18'18,64"	117°34'39,90"
A3	3°18'18,07"	117°34'40,22"
A4	3°18'17,50"	117°34'40,54"
A5	3°18'16,93"	117°34'40,86"
B1	3°18'16,51"	117°34'37,37"
B2	3°18'15,94"	117°34'37,69"
B3	3°18'15,37"	117°34'38,01"
B4	3°18'14,80"	117°34'38,33"
B5	3°18'14,23"	117°34'38,65"
C1	3°18'17,01"	117°34'35,63"
C2	3°18'16,44"	117°34'35,95"
C3	3°18'15,87"	117°34'36,27"
C4	3°18'15,30"	117°34'36,59"
C5	3°18'14,73"	117°34'36,91"

Fauna makrobenthos yang ditemukan dibersihkan di laboratorium, kemudian dilakukan identifikasi dan penghitungan jumlah individu dari tiap sampel (Fachrul, 2007; Hogart, 2007). Identifikasi fauna makrobenthos dilakukan dengan menggunakan metode Pratt (1951), Dance (1977) dan Robert *et al.* (1982).

3.4. Pengukuran Intensitas Cahaya

Pengukuran intensitas cahaya yang masuk melalui kanopi mangrove dilakukan secara langsung dengan menempatkan *light censor* (sensor pengukur intensitas cahaya) di bawah kanopi dan di tempat terbuka (di luar kawasan mangrove) selama 2 jam (antara sebelum dan setelah tengah hari, sekitar jam 11.00 – 13.00); *light censor* secara otomatis melakukan pengukuran intensitas cahaya setiap 5 menit.

3.5. Pengukuran Produksi Serasah

Pengukuran produksi serasah dilakukan dengan menempatkan jaring serasah (*litterfall trap*) di bawah kanopi selama 20 hari. Mulut jaring 1m x 1m dengan bukaan mata jaring 1mm. Jaring diposisikan sedemikian rupa, sehingga dapat menampung seluruh guguran mangrove dan cukup tinggi agar tidak dapat dicapai oleh kepiting yang mengkonsumsinya atau terbawa oleh air pasang (Hogart, 2007). Serasah yang tertampung di ambil untuk selanjutnya dikeringkan di dalam oven dengan suhu 80°C selama 48 jam untuk mendapatkan berat kering dari serasah. Selanjutnya serasah yang telah dikeringkan ditimbang dengan timbangan digital dengan ketelitian 0,5 gr.

3.6. Pengukuran Kualitas Air

Pengukuran kualitas air dilakukan dua kali pada saat pasang naik pada masing-masing kerapatan mangrove. Variabel kualitas air yang diukur dan alat yang digunakan untuk pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.

No	Variabel	Satuan	Alat
1	Kedalaman	cm	Tiang berskala
2	Suhu	°C	Thermometer
3	Kecerahan	cm	Secchi disk
4	Arus	cm/det	Current meter
5	Salinitas	‰	Hand Refractometer
6	Derajat keasaman (pH)	-	pH-meter
7	Oksigen terlarut (DO)	mg/l	DO-meter
8	Nitrat (N-NO ₃)	mg/l	Spektrofotometer
9	Fosfat (P-PO ₄)	mg/l	Spektrofotometer

3.7. Sampel Substrat

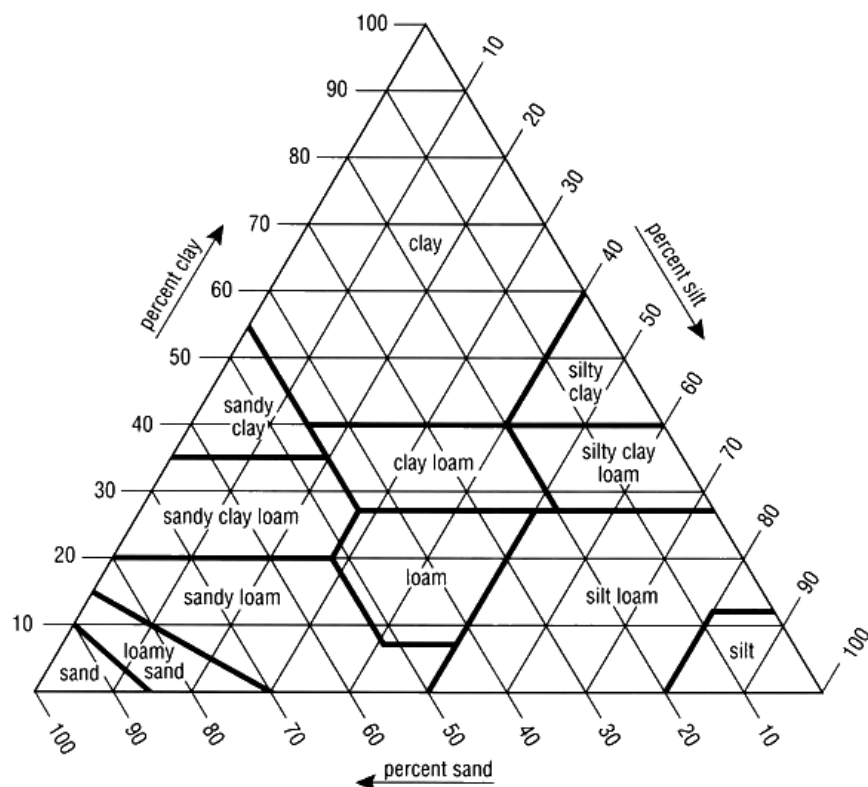
3.7.1. Analisa tekstur substrat

Tekstur substrat sangat dipengaruhi oleh komposisi dari butiran liat, debu dan pasir. Klasifikasi butiran tanah dapat dilihat pada Tabel 4. Untuk menentukan tekstur substrat berdasarkan komposisinya dapat dilakukan dengan bantuan Segitiga Tekstur Tanah (Gambar 3). Pengambilan sampel substrat dilakukan pada masing-masing kerapatan. Analisa ukuran butir substrat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode mekanis untuk mengetahui prosentase fraksi substrat kasar ($d > 0,05$ mm) dan metode hidrometrik untuk melihat prosentase dari butiran debu dan liat.

Tabel 4. Klasifikasi Butiran Tanah

No	Nama butiran	Diameter (mm)
1	Pasir sangat kasar	1,00 - 2,00
2	Pasir kasar	$\geq 0,50$
3	Pasir sedang	$\geq 0,25$
4	Pasir halus	$\geq 0,10$
5	Pasir sangat halus	$\geq 0,05$
6	Debu	$\geq 0,002$
7	Liat	$< 0,002$

Sumber : Modifikasi dari USDA, 2009.



Gambar 5. Segitiga tekstur tanah (sumber: USDA, 2009)

Metode mekanis dengan prosedur kerja sebagai berikut :

- i) Sampel substrat dibilas dengan air tawar, kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven. Setelah kering, dinginkan sampel, kemudian timbang sampel yang akan dianalisis. Masukkan sampel ke dalam *sieve net*, kemudian guncang dengan *shaker* selama ± 15 menit.

- ii) Pisahkan hasil ayakan berdasarkan ukuran *net*, kemudian timbang hasil ayakan dari tiap ukuran *net*. Sampel substrat yang lolos dari saringan 2 mm, di analisa lebih lanjut dengan metode hidrometrik.

Metode hidrometrik dengan prosedur kerja sebagai berikut :

- i) 100 gram sampel substrat kering dimasukkan ke dalam *beaker glass*. Tambahkan 10 gr larutan 0.01 N natrium oksalat dan 5 gr 0.02 N natrium karbonat, kemudian aduk campuran tersebut. Jika masih ada yang menggumpal, tambahkan larutan 0.01 N natrium oksalat dan 5 gr 0.02 N natrium karbonat sampai tidak terjadi penggumpalan.
- ii) Masukkan sampel ke dalam tabung silinder 1000 ml dan tambahkan aquades hingga 1000 ml, kemudian aduk. Biarkan campuran mengendap.
- iii) Setelah 7 menit 44 detik, ambil sampel substrat dengan menggunakan pipet pada kedalaman 10 cm sebanyak 20 ml, kemudian masukkan ke dalam cawan petri yang telah dipanaskan selama 1 jam dan juga telah diketahui beratnya.
- iv) Keringkan sampel dengan oven selama 2 jam, kemudian dinginkan dalam desikator. Setelah dingin, timbang dengan timbangan digital, berat akhir dikurangi dengan berat cawan petri kosong adalah berat sampel ukuran 0,002 mm (debu)
- v) Setelah 2 jam 3 menit, sampel diambil kembali dengan pipet pada kedalaman 10 cm sebanyak 20 ml lalu dimasukkan ke dalam cawan petri.
- vi) Selanjutnya sampel yang ada di dalam cawan petri tersebut dikeringkan didalam oven selama 2 jam, kemudian dinginkan didalam desikator. Setelah dingin, timbang dengan menggunakan timbangan digital. Berat akhir

dikurangi dengan berat cawan petri kosong adalah berat sampel ukuran 0,0005 mm (liat).

3.7.2. Analisa kandungan Nitrogen total

Analisis kandungan Nitrogen total (N-total) pada substrat dilakukan dengan Metode Kjeldahl, sebagai berikut :

- i) 0,5 gr sampel tanah ukuran $< 0,5$ mm, dimasukkan ke dalam tabung digest, tambahkan 0,5 gr campuran selen dan 3 ml asam sulfat pekat, kemudian didestruksi hingga temperatur 350°C selama 3-4 jam. Setelah sempurna (keluar asap putih) didinginkan lalu diencerkan dengan 25 ml air bebas ion.
- ii) Untuk penampung destilat disiapkan erlenmeyer 100 ml yang berisi 10 ml H_3BO_3 1% dan ditambah 3 tetes penunjuk Conway (warna larutan menjadi merah). Tempatkan penampung sehingga pipa tempat keluar destilat tercelup larutan penampung.
- iii) Hasil destruksi dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu didih (gunakan air bebas ion dan labu semprot) hingga di dapat lebih kurang 100 ml larutan.
- iv) Tambahkan 20 ml NaOH 40%, secepatnya ditutup dengan sumbat penghubung ke alat destilasi. Destilasi dilakukan sampai warna penampung menjadi hijau dan diperoleh volume destilat sekitar 50-75 ml. Destilat dititar dengan H_2SO_4 0,05 N sampai warna larutan menjadi merah muda.

3.7.3. Analisa kandungan Fosfor tersedia

Analisis kandungan Fosfor tersedia (P-td) menggunakan Metode Bray No.2, sebagai berikut :

- i) Masukkan 1 gr sampel tanah ke dalam tabung sentrifugal plastik. Tambahkan larutan pengestrak 20 ml, kemudian sentrifuge selama 1 jam.
- ii) Campuran di filtrasi. Ukur volume filtrate, kemudian pindahkan ke labu takar 50 ml. Tambah asam borat 20 ml, kemudian tambahkan pewarna (molibdate) 1 ml dan asam askorbat 1 ml.
- iii) Tambah aquades sampai 50 ml dan diamkan selama 15 menit.
- iv) Ukur absorbansi pada panjang gelombang 880 nm/710nm.

3.8. Pengukuran Kandungan Klorofil-a Fitoplankton

Analisis klorofil-a dilakukan dengan metode yang digunakan Parsons *et al* (1984) dalam LIPI (1997), sebagai berikut :

- i) Botol sampel plastik bervolume 1 liter dimasukkan ke dalam air. Pengisian air tidak terlalu penuh untuk memudahkan pengocokan agar distribusi fitoplankton dalam kolom air merata. Setelah tertutup, botol sampel dibungkus rapat dengan alumunium foil, karena pigmen fitoplankton sensitif terhadap panas dan cahaya, jadi harus dilindungi dari cahaya matahari langsung.
- ii) Air sampel sebanyak 600 ml di saring dengan kertas miliophore berukuran pori 0,45 μm menggunakan pompa hisap hingga habis, lalu bilas dengan larutan magnesium karbonat. Masukkan kedalam *filter holder* ± 10 ml dan hisap kembali air suling tersebut sampai kertas kering.
- iii) Kertas saring tersebut dibungkus dengan alumunium foil (diberi label) simpan dalam desikator yang berisi silika gel (± 10 jam).

- iv) Masukkan kertas saring pada tabung 15 ml tambahkan 10 ml aceton 90 %, gerus sampai halus menggunakan alat homogenizer (*tissue grinder*) pada kondisi ruangan gelap cahaya.
- v) Centrifuge larutan tersebut dengan perputaran 4000 rpm selama 10-30 menit
- vi) Periksa cairan yang bening, kemudian tuang ke dalam kuvet 1 cm dan masukan ke dalam spektrofotometer untuk pembacaan absorbansi dengan panjang gelombang yang dipakai 664 nm, 647 nm dan 630 nm serta 750 nm.

3.9. Analisis Data

3.9.1. Kerapatan mangrove

Kalkulasi kerapatan mangrove dengan persamaan (Soegianto, 1994) :

$$D = \frac{u}{d^2}$$

keterangan : D = kerapatan mangrove (pohon/ha).

$$u = 10.000 \text{ m}^2 (1 \text{ ha})$$

$$d = \text{jarak pohon rata-rata (m)}.$$

3.9.2. N-total dan P-tds substrat

Kandungan N-total substrat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{N-total (\%)} = 0,2801 \times f \times (t - b) \times (50/25) \times (100/500 \text{ mg})$$

keterangan: $f = X \text{ N} / 0,05 \text{ N} \rightarrow X = \text{konsentrasi hasil standarisasi H}_2\text{SO}_4$.

$$t = \text{volume titrasi sampel}.$$

$$b = \text{volume titrasi blank}.$$

Kandungan P-tds substrat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{P-tersedia (mg/100g)} = X \times 25/v \times 10^{-3} \times 100 \times F \times F_p$$

keterangan: X = konsentrasi sampel.

V = volume filtrate.

F = berat tanah kering suhu ruang / berat tanah kering suhu 105 °C

Fp = faktor pengenceran.

3.9.3. Produktivitas primer

Kandungan klorofil-a dihitung dengan menggunakan rumus Jeffrey dan Humphrey (1975) dalam LIPI (1997) sebagai berikut :

$$\text{Klorofil} - a(\text{mg} / \text{m}^3) = \frac{(11,85A_{664}) - (1,54A_{647}) - (0,08A_{630})}{V_s \cdot x \cdot d} \cdot x V_e$$

keterangan : A_{664} = absorbansi 664 nm – absorbansi 750

A_{667} = absorbansi 667 nm – absorbansi 750

A_{630} = absorbansi 630 nm – absorbansi 750

V_e = volume ekstrak acetone (ml)

V_s = volume sampel air yang disaring (l)

d = lebar diameter kuvet (cm).

Kandungan klorofil-a dikonversi ke produktivitas primer fitoplankton dengan menggunakan rumus Strickland dan Parsons (1968) dalam LIPI (1997) sebagai berikut :

$$P = C \times R/k \times 3,7$$

keterangan : P = Produktivitas primer fitoplankton (gC/m³/hari).

C = Klorofil (mg/m³)

R = laju fotosintesis relatif pada kedalaman sampel.

k = 0,04 + 0,0088 C + 0,054 C^{2/3} (nilai extinction cahaya, dihitung menggunakan rumus Riley).

3,7 = koefisien asimilasi.

3.9.4. Kelimpahan jenis

Kelimpahan jenis dihitung dengan formulasi berikut :

$$Xi = \frac{ni}{A}$$

keterangan: Xi = kelimpahan spesies ke-i.

ni = jumlah spesies ke-i.

A = luas permukaan pengambilan sampel (m^2).

3.9.5. Nilai penting

Nilai penting (NP) digunakan untuk mengetahui keadaan penguasaan spesies makrobenthos dalam komunitas di habitatnya. NP menggambarkan kedudukan ekologis suatu jenis di dalam komunitas. Semakin tinggi NP suatu spesies maka semakin besar peran spesies tersebut dalam komunitasnya.

NP dihitung berdasarkan jumlah nilai kelimpahan relatif dan frekuensi relatif, sebagai berikut :

$$Ki = \frac{ni}{A}$$

$$KR = \frac{Ki}{KN}$$

$$Fi = \frac{Ai}{AN}$$

$$FR = \frac{Fi}{FN}$$

$$NP = KR + FR$$

keterangan : Ki = Kerapatan suatu jenis.

ni = Jumlah individu suatu jenis.

A = Luas petak contoh.

KR = Kerapatan relatif.

KN = Kerapatan seluruh jenis.

Fi = Frekuensi suatu jenis.

Ai = Petak contoh ditemukan suatu jenis

AN = Petak contoh seluruhnya.

FR = Frekuensi relatif.

FN = Frekuensi seluruh jenis.

NP = Nilai penting.

3.9.6. Indeks kekayaan jenis

Indeks kekayaan jenis adalah ukuran kekayaan jenis yang bergantung pada hubungan langsung antara jumlah spesies dan logaritma luas area pengambilan sampel. Indeks kekayaan jenis dihitung dengan formulasi Margalef (English *et al.*, 1994):

$$d = \frac{S - 1}{\ln N}$$

keterangan: d = Indeks kekayaan jenis.

S = jumlah spesies.

N = jumlah individu.

Kriteria indeks kekayaan jenis dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria Indeks Kekayaan Jenis Fauna Makrobenthos

Kriteria	Indeks Kekayaan Jenis
Baik	$> 4,0$
Moderat	$2,5 - 4,0$
Buruk	$< 2,5$

Sumber: Modifikasi dari Jorgensen *et al.*, 2005.

3.9.7. Indeks kesamaan

Indeks kesamaan didefinisikan sebagai cara untuk mengkuantifikasikan kesamaan (*similarity*) atau ketidaksamaan (*dissimilarity*) antara dua obyek yang didasarkan pada hasil pengamatan sejumlah deskriptor (Sneath dan Sokal, 1973 dalam Soegianto, 1994). Indeks kesamaan adalah indeks yang digunakan untuk membandingkan antara dua komunitas pada suatu lokasi penelitian (Odum, 1993). Kriteria indeks kesamaan dapat dilihat pada Tabel 6. Indeks kesamaan dihitung dengan formulasi Sorensen berikut:

$$S = \frac{2C}{A + B} \times 100\%$$

keterangan: S = Indeks kesamaan.

A = jumlah spesies di stasiun A.

B = jumlah spesies di stasiun B.

C = jumlah spesies yang sama di kedua stasiun.

Tabel 6. Kriteria Kesamaan Jenis Fauna Makrobenthos

Kriteria	Indeks Kesamaan
Sangat tinggi	> 90%
Tinggi	≤ 90%
Sedang	≤ 60%
Rendah	≤ 30%

Sumber: Modifikasi dari Odum (1993).

3.9.8. Indeks keanekaragaman jenis

Keanekaragaman jenis komunitas diukur dengan memakai pola distribusi beberapa ukuran kelimpahan di antara jenis (Odum, 1993). Kriteria indeks keanekaragaman jenis makrobenthos dapat dilihat pada Tabel 7. Indeks keanekaragaman jenis dihitung dengan formulasi Shannon (English *et al.*, 1994) :

$$H' = -\sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i)$$

keterangan: H' = Indeks keanekaragaman jenis.

S = jumlah spesies yang menyusun komunitas.

P_i = rasio antara jumlah individu spesies- i (n_i) dengan jumlah individu dalam komunitas (N).

Tabel 7. Kriteria Indeks Keanekaragaman Jenis Fauna Makrobenthos

Kriteria	Indeks Keanekaragaman Jenis
Tinggi	$> 2,0$
Sedang	$\leq 2,0$
Rendah	$< 1,6$
Sangat rendah	$< 1,0$

Sumber: Modifikasi dari Lee *et al.*, 1978 dalam Soegianto, 1994.

3.9.9. Uji Kruskal-Wallis

Uji Kruskal-Wallis adalah uji nonparametrik yang digunakan untuk membandingkan tiga atau lebih kelompok data sampel. Uji Kruskal-Wallis digunakan ketika asumsi distribusi dari masing-masing kelompok harus terdistribusi secara normal tidak terpenuhi (Sulaiman, 2003; Sugiyono, 2004).

Uji Kruskal-Wallis dimaksudkan untuk melihat apakah kelimpahan setiap jenis fauna makrobenthos berbeda pada tiap kerapatan mangrove. Uji Kruskal-Wallis dilakukan dengan bantuan software SPSS.

3.9.10. Analisis Cluster

Analisis cluster merupakan teknik multivariat yang mempunyai tujuan utama untuk mengelompokkan objek-objek berdasarkan karakteristik yang dimilikinya. Analisis cluster mengklasifikasi objek sehingga setiap objek yang paling dekat kesamaannya dengan objek lain berada dalam cluster yang sama.

Cluster yang terbentuk memiliki homogenitas internal yang tinggi dan heterogenitas eksternal yang tinggi (Ghozali, 2006). Analisis cluster dimaksudkan untuk mengelompokkan kerapatan mangrove berdasarkan kelimpahan masing-masing jenis fauna makrobenthos. Analisis cluster menggunakan bantuan software SPSS.

3.9.11. Koefisien Kontingensi

Koefisien Kontingensi digunakan untuk mengukur derajat hubungan, asosiasi, atau dependensi dari klasifikasi-klasifikasi dalam Tabel Kontingensi. Derajat hubungan disini menunjukkan ada atau tidak ada korelasi antara kolom dan baris pada Tabel Kontingensi, dan apakah hubungan tersebut kuat atau tidak kuat. Koefisien kontingensi dihitung dengan menggunakan software SPSS.

Nilai koefisien kontingensi berkisar antara 0 - 1 (Sulaiman, 2003). Kriteria keterkaitan berdasarkan nilai koefisien kontingensi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Kriteria Keterkaitan Berdasarkan Nilai Koefisien Kontingensi

Kriteria	Nilai Koefisien Kontingensi
Sangat kuat	1
Kuat	$> 0,5$
Lemah	$\leq 0,5$
Tidak ada	0

Sumber: Modifikasi Sulaiman, 2003.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kawasan Konservasi Mangrove dan Bekantan (KKMB) terletak pada koordinat 3°18'10"- 3°18'22" L.U dan 117°34'30"- 117°34'43" B.T. Kawasan seluas ± 9 ha (panjang ± 406 m dan lebar ± 220 m) ini merupakan tempat ekowisata yang berada di tengah Kota Tarakan. Kawasan ini berdampingan dengan pemukiman padat penduduk, pusat perbelanjaan, termasuk di dalamnya pasar tradisional, cold storage dan pelabuhan perikanan. KKMB mendapat masukan air tawar dari kawasan pemukiman padat dan kawasan pusat perbelanjaan. Aliran air tawar yang membawa air limbah domestik dari kawasan pemukiman padat dan kawasan pusat perbelanjaan, masuk ke dalam kawasan melalui selokan yang berada di sudut utara kawasan. Pada saat pasang air laut masuk ke dalam kawasan dari perairan Selat Tarakan melalui sungai pasang surut yang terdapat di dalam KKMB. Perairan Selat Tarakan menampung limbah domestik yang berasal dari kota, cold storage, pelabuhan perikanan, asrama karyawan, serta buangan dari kapal-kapal yang bersandar di pelabuhan perikanan.

Tipe pasang-surut perairan Selat Tarakan adalah tipe campuran. Secara umum tipe pasang-surut adalah semi-diurnal (dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari), tipe diurnal hanya terjadi dua kali dalam sebulan, yaitu pada saat *neap tide*. Tunggang pasang maksimum 360 cm (DKP Kota Tarakan, 2009). Ketinggian air maksimum di dalam kawasan 170 cm di

sebelah barat daya kawasan, sedangkan di sebelah timur laut 60 cm. KKMB tergenang air laut sebanyak dua kali sehari selama 14-18 hari sebulan. Frekwensi penggenangan ini diduga menyebabkan terdapatnya jenis mangrove *Aegiceras*, *Avicennia*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Rhizophora*, *Sonneratia* dan *Xylocarpus*. *Rhizophora* mendominasi vegetasi mangrove di KKMB, sesuai dengan zonasi hutan mangrove menurut de Haan (1931) dalam Bengen (2004). Tabel 9 menyajikan famili dan jenis vegetasi mangrove di KKMB.

Tabel 9. Famili dan Jenis Vegetasi Mangrove di KKMB

Famili	Jenis	Nama Lokal	J	S	P
Myrsinaceae	<i>Aegiceras corniculatum</i>	Perepat Tudung		+	
Avicenniaceae	<i>Avicennia alba</i>	Api-api	+		+
	<i>A. lanata</i>	Api-api			+
	<i>A. marina</i>	Api-api		+	
Rhizophoraceae	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	Bakau mutut besar	+	+	+
	<i>B. parviflora</i>	Bius, Tinomo	+	+	+
	<i>Ceriops tagal</i>	Kayu merah			+
	<i>Rhizophora apiculata</i>	Bangka minyak	+++	+++	+++
	<i>R. mucronata</i>	Bakau hitam	+	+	+
Sonneratiaceae	<i>Sonneratia alba</i>	Pedada, Perepat			+
	<i>S. caseolaris</i>	Pedada, Perepat			+
Meliaceae	<i>Xylocarpus granatum</i>	Nyiri hutan	+	+	

Keterangan : J = kerapatan mangrove jarang (543 – 884 pohon/ha);
 S = kerapatan mangrove sedang (1046 – 1308 pohon/ha);
 P = kerapatan mangrove padat (1541 – 1578 pohon/ha);
 + = ada; +++ = jenis dominan.

Jenis mangrove yang ditemukan semakin banyak dengan meningkatnya kerapatan mangrove. Mangrove yang ditemukan di kerapatan jarang ada 6 jenis, di kerapatan sedang 7 jenis dan di kerapatan padat 9 jenis. *R. apiculata* mendominasi seluruh kerapatan. *A. corniculatum* dan *A. marina* hanya terdapat di kerapatan sedang. *A. lanata*, *C. tagal*, *S. Alba* dan *S. caseolaris* hanya terdapat

di kerapatan padat. Perbedaan komposisi jenis mangrove di tiap kerapatan disebabkan oleh karakteristik dari masing-masing jenis terhadap habitatnya. Jarak setiap kerapatan dari garis pantai berbeda, sehingga dapat mengakibatkan perbedaan salinitas substrat, frekwensi penggenangan oleh air pasang dan komposisi substrat.

Hasil analisa substrat dasar menunjukkan kesamaan tekstur di ketiga kerapatan, yaitu tekstur lempung berpasir. Kesamaan tekstur substrat ini diduga menyebabkan jenis mangrove yang dominan di ketiga kerapatan juga sama, yaitu *R. apiculata*. Pada Tabel 10 dapat dilihat bahwa komposisi substrat berbeda di tiap kerapatan. Persentase pasir menurun dengan meningkatnya kerapatan, sebaliknya persentase liat dan debu meningkat dengan meningkatnya kerapatan. Tingginya persentase pasir di kerapatan jarang diduga karena jaraknya yang paling dekat dengan daratan, sehingga mendapat banyak masukan pasir yang dibawa air tawar terutama pada saat terjadi hujan deras. Persentase debu lebih tinggi di kerapatan padat dan kerapatan sedang daripada kerapatan jarang, karena lebih sering tergenang, sehingga lebih banyak mendapat endapan debu pada saat tergenang.

Tabel 10. Hasil Analisa Tekstur Substrat KKMB

Kerapatan	Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)	Kriteria
Jarang	79,25	10,51	10,03	lempung berpasir
Sedang	74,30	13,78	11,18	lempung berpasir
Padat	68,31	19,46	12,07	lempung berpasir

4.2. Parameter Fisika dan Kimia Air

Parameter Fisika dan Kimia Air KKMB dapat dilihat pada Tabel 11. Secara umum nilai kualitas air di KKMB masih sesuai untuk kehidupan fauna

makrobenthos. Kedalaman air lebih tinggi di kerapatan sedang daripada di kerapatan jarang, kedalaman di kerapatan padat lebih tinggi di kerapatan sedang. Hal ini disebabkan oleh perbedaan jarak masing-masing kerapatan dari garis pantai. Kerapatan padat paling dekat dengan garis pantai.

Tabel 11. Parameter Fisika dan Kimia Air KKMB

Variabel	Jarang	Sedang	Padat	Baku Mutu ^{*)}	Satuan
Kedalaman	73-91	99-107	104-113	-	cm
Suhu	28,5	28,4	28,4	Alami	°C
Kecerahan	50	45	45	-	cm
Arus	60	60	55	-	cm/det
Salinitas	28	28	28	≤ 34	‰
pH	7,3	7,3	7,4	7 – 8,5	mg/l
DO	8,3	7,8	6,9	> 5	mg/l
NO ₃	0,0005	0,0005	0,0006	0,015	mg/l
PO ₄	0,0002	0,0002	0,0003	0,008	mg/l

keterangan : ^{*)} = KepMenLH No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut.
Lamp. 3. Untuk Biota Laut.

- Pengukuran dilakukan pada pukul 17.00.

Kecerahan air di kerapatan jarang lebih tinggi dari kerapatan lainnya, karena tutupan kanopi yang lebih tipis, sehingga intensitas cahaya menjadi lebih tinggi (Tabel 12), karena itu cahaya yang menembus permukaan air menjadi lebih dalam. Kecerahan air di dalam KKMB berfluktuasi sesuai periode pasang surut. Biasanya, pada saat *spring tide* kecerahan air mencapai 55-60 cm, 1-2 hari sebelum *spring tide* kecerahan air mencapai 45-50 cm dan 1-2 hari setelah *spring tide* air menjadi lebih keruh, sehingga kecerahan air menjadi lebih rendah (40 cm). Kecerahan yang tinggi menunjukkan rendahnya partikel yang tersuspensi di dalam perairan, proses respirasi fauna makrobenthos tidak mengganggu.

Kecepatan arus di KKMB adalah 55 - 60 cm/det. Kisaran ini masih berada dalam kisaran toleransi fauna benthos. Kecepatan arus minimum terjadi

tiga atau empat hari sebelum dan sesudah *spring tide* saat air pasang menggenangi KKMB, sedangkan kecepatan arus maksimum terjadi saat *spring tide*. Kecepatan arus di kerapatan padat lebih rendah daripada kerapatan lainnya, diduga karena aliran air terhambat oleh rapatnya akar mangrove.

Salinitas di semua kerapatan 28‰, berada di bawah ambang batas maksimum. Salinitas di perairan Selat Tarakan yang masuk ke KKMB cenderung konstan, karena suplai air tawar dari sungai sangat kecil. Fluktuasi harian yang sedikit lebih besar hanya terjadi pada saat terjadi hujan. Derajat keasaman (pH) di KKMB berkisar antara 7,3 – 7,4. Kisaran ini berada dalam nilai toleransi fauna makrobenthos.

Oksigen terlarut (DO) di KKMB berkisar antara 6,9 – 8,3 mg/l, berada di atas ambang batas minimum. Kelarutan oksigen di dalam air merupakan fungsi dari suhu dan salinitas. Kelarutan oksigen berkorelasi negatif terhadap suhu dan salinitas perairan. Kelarutan oksigen semakin rendah dengan meningkatnya suhu dan salinitas air. Pada Tabel 11 dapat dilihat bahwa di kerapatan jarang, suhu air lebih tinggi daripada di kerapatan sedang dan kerapatan padat. Secara logis, DO di kerapatan jarang lebih rendah daripada di kedua kerapatan lainnya, tetapi kenyataannya DO di kerapatan jarang juga lebih tinggi daripada kerapatan lainnya. Hal ini disebabkan oleh kecerahan air, kandungan klorofil-a dan intensitas cahaya di kerapatan jarang yang lebih tinggi daripada kerapatan lainnya. Ketiga faktor tersebut menyebabkan produktivitas primer di kerapatan jarang lebih tinggi (lihat Tabel 12). Besarnya produktivitas primer fitoplankton menyebabkan DO di kerapatan jarang lebih tinggi, walaupun suhu air lebih tinggi. Namun, sangat disayangkan pengukuran DO hanya dilakukan pada saat pasang

sore hari (pukul 17.00), dimana proses fotosintesis masih berlangsung dan DO mungkin masih berada pada puncaknya. Jika pengukuran DO juga dilakukan pada saat pasang pagi hari (pukul 06.00-07.00), maka hasil yang diperoleh akan lebih rendah bahkan mungkin DO berada pada titik minimum, karena tidak terjadi proses fotosintesis sebelumnya dan DO yang ada digunakan untuk proses respirasi.

Nitrat di KKMB berkisar antara 0,0005 – 0,0006 mg/l, jauh di bawah baku mutu. Demikian juga dengan Fosfat yang berkisar antara 0,0002 – 0,0003 mg/l. Nitrat dan Fosfat keberadaannya di dalam air sangat kecil, keduanya merupakan unsur hara yang diperlukan fitoplankton untuk tumbuh dan berkembang biak, karena itu keberadaannya menjadi sangat penting.

4.3. Produksi Serasah

Hasil pengukuran produksi serasah dapat dilihat pada Tabel 12. Produksi serasah rata-rata meningkat dengan meningkatnya kerapatan mangrove. Tutupan kanopi yang semakin tebal menyebabkan produksi serasah yang dihasilkan semakin besar. Pada saat tinggi air pasang tidak menggenangi kawasan, serasah terakumulasi di dasar hutan, kemudian dikomposisi oleh bakteri dan fungi menjadi unsur hara. Unsur hara yang dihasilkan dimanfaatkan kembali oleh tumbuhan mangrove dan alga bentik untuk proses fotosintesis. Serasah yang menjadi detritus dimanfaatkan sebagai makanan oleh beberapa jenis fauna makrobenthos yang hidup di dasar hutan mangrove. Pada saat tinggi air pasang menggenangi kawasan, serasah akan terbawa keluar dari kawasan bersama air saat surut.

Tabel 12. Produksi Serasah, Intensitas Cahaya, N-total, P-tsd, Klorofil-a dan Produktivitas Primer (PP) Fitoplankton

Variabel	Jarang	Sedang	Padat
Produksi serasah (g/m ² /hari)	2,470 ± 0,802	3,385 ± 0,942	4,480 ± 0,359
Intensitas cahaya (x 1.000 lux)	10,179 ± 5,425	8,565 ± 4,792	6,711 ± 3,841
N-total (%)	0,33 ± 0,06	0,26 ± 0,05	0,23 ± 0,03
P-tsd (mg/g)	0,160 ± 0,013	0,133 ± 0,010	0,119 ± 0,017
Klorofil-a (mg/l)	11,49 ± 3,93	8,57 ± 3,12	6,88 ± 2,79
PP fitoplankton (mgC/m ³ /hari)	50,13 ± 5,53	45,32 ± 6,48	41,88 ± 6,48

keterangan: - Pengukuran intensitas cahaya pukul 11.00 – 13.00.

- Pengukuran klorofil-a pukul 17.00.

4.4. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya rata-rata menurun dengan peningkatan kerapatan mangrove. Semakin tinggi kerapatan mangrove semakin tebal pula tutupan kanopi, sehingga intensitas cahaya matahari yang masuk semakin rendah. Intensitas cahaya yang masuk melalui kanopi mangrove berpengaruh terhadap produktivitas primer fitoplankton. Fitoplankton sebagai produsen primer di perairan memerlukan cahaya untuk proses fotosintesisnya. Oleh karena itu, intensitas cahaya matahari dalam air sangat menentukan nilai produktivitas primer perairan.

4.5. N-total dan P-tsd

Kandungan N-total rata-rata menurun dengan meningkatnya kerapatan mangrove. Logisnya ketersediaan N-total substrat makin tinggi dengan meningkatnya kerapatan mangrove, karena produksi serasah yang tinggi.

Dekomposisi serasah menghasilkan amoniak yang sebagian hilang ke atmosfer sebagian lagi dioksidasi oleh bakteri aerob menjadi nitrit, kemudian nitrat. Nitrat terdifusi ke dalam lapisan anoksik, kemudian dimanfaatkan kembali oleh akar mangrove.

Seperti halnya dengan N-total, kandungan P-tsd rata-rata juga menurun dengan meningkatnya kerapatan mangrove. Ketersediaan fosfat dalam substrat mangrove berasal dari kolom air dan adsorpsi oleh sedimen sebagai ferri-fosfat yang tak larut. Dalam kondisi anaerob, aktivitas metabolisme bakteri mengubah ferri-fosfat menjadi ferro-fosfat. Hilangnya fosfat bergantung pada porositas tanah, pada tanah liat pertukaran antara air tanah dan kolom air lebih sedikit, oleh karena itu tanah seperti itu lebih kaya fosfat dan menyebabkan pertumbuhan mangrove menjadi lebih subur. Suburnya pertumbuhan mangrove menyebabkan kerapatannya menjadi padat. Semakin padat kerapatan mangrove, maka semakin besar pula pemanfaatan unsur hara untuk pertumbuhannya. Diduga hal ini yang menyebabkan rendahnya kandungan N-total dan P-tsd di dalam substrat, karena dimanfaatkan kembali oleh mangrove untuk pertumbuhannya.

4.6. Klorofil-a dan Produktivitas Primer Fitoplankton

Kandungan klorofil-a rata-rata menurun dengan meningkatnya kerapatan mangrove. Kandungan klorofil-a merupakan gambaran dari kelimpahan fitoplankton di perairan. Besarnya kandungan klorofil-a di kerapatan jarang menunjukkan kelimpahan fitoplankton yang lebih tinggi. Kandungan klorofil-a dan intensitas cahaya tertinggi di kerapatan jarang, menyebabkan produktivitas primer fitoplankton yang terbesar juga di kerapatan jarang, kemudian menurun

dengan meningkatnya kerapatan mangrove. Intensitas cahaya yang lebih tinggi di kerapatan jarang menyebabkan laju pertumbuhan fitoplankton menjadi lebih cepat, karena pertumbuhan fitoplankton sangat bergantung dengan intensitas cahaya.

Kelimpahan fitoplankton yang tinggi disebabkan oleh kesuburan perairan di sekitar kawasan. Kesuburan ini disebabkan oleh masukan bahan organik dari limbah domestik yang kemudian dikomposisi oleh bakteri dan menghasilkan unsur hara yang dibutuhkan oleh fitoplankton untuk pertumbuhannya. Diduga kandungan unsur hara berlebih di perairan, karena banyaknya masukan bahan organik dari limbah domestik. Pada siang hari saat proses fotosintesis masih berlangsung, tingginya kelimpahan fitoplankton menyebabkan DO perairan terlalu tinggi hingga terjadi kondisi lewat jenuh (*over saturated*), seperti yang terjadi di kerapatan jarang dan sedang (Tabel 10). Sebaliknya, pada malam hari dapat mengakibatkan kondisi perairan yang anoksik.

Meningkatnya produksi serasah secara tidak langsung menyebabkan semakin rendahnya produktivitas primer fitoplankton, karena semakin banyak serasah yang dijatuhkan, semakin tinggi pula tannin yang dihasilkan dari dekomposisi serasah. Tannin yang dikeluarkan oleh akar tumbuhan mangrove secara logis juga meningkat dengan meningkatnya kerapatan mangrove. Meningkatnya tannin menyebabkan meningkatnya kekeruhan air, sehingga penetrasi cahaya ke dalam air berkurang. Hal ini menyebabkan proses fotosintesis fitoplankton terhambat, sehingga produktivitas primer fitoplankton menjadi makin rendah dengan meningkatnya kerapatan mangrove.

Selain fitoplankton, tumbuhan autotroph lain seperti makroalga, mikroalga bentik dan epifit yang hidup berasosiasi dengan mangrove juga memberikan kontribusi pada besarnya produktivitas primer pada ekosistem mangrove, walaupun kontribusinya relatif kecil. Berdasarkan hasil pengamatan secara visual terdapat indikasi koloni tumbuh-tumbuhan ini berkurang dengan meningkatnya kerapatan mangrove. Dapat diduga produktivitas primer tumbuh-tumbuhan tersebut juga semakin rendah dengan meningkatnya kerapatan. Namun sangat disayangkan dalam penelitian ini tidak dilakukan pengukuran produktivitas primer dari tumbuh-tumbuhan tersebut, karena kesulitan dalam hal metodologinya.

4.7. Fauna Makrobenthos

Fauna makrobenthos yang diperoleh dalam penelitian ini terdiri atas 5 kelas yang terbagi dalam 21 jenis, yaitu Gastropoda 13 jenis; Bivalvia 4 jenis; Crustacea 2 jenis; Polychaeta dan Sipuncula masing-masing 1 jenis. Kelimpahan masing-masing jenis dapat dilihat pada Tabel 13.

4.7.1. Kelimpahan jenis

Gastropoda merupakan fauna paling berlimpah, terutama *Sinum maculatum* (7,76 – 9,28 ind/m²) disusul *Tricolia affinis* (2,16 – 7,36 ind/m²). Bivalvia berada di urutan kedua. Bivalvia yang paling berlimpah adalah *Tellina radiata* (1,08 – 2,76 ind/m²). Selanjutnya Sipuncula yang diwakili *Phascolosoma lurco* kelimpahannya hingga 0,6 - 2 ind/m². Kelimpahan Polychaeta yang diwakili oleh *Eunice fucata* adalah yang paling rendah (0,2 – 0,96 ind/m²). Kelimpahan kepiting *Sesarma* sp 0,56 – 1,24 ind/m² dan *Uca* sp 0,4 - 0,44 ind/m².

Tabel 13. Kelimpahan Fauna Makrobenthos (individu/25m²)

Kelas	Jenis	Jarang	Sedang	Padat
Gastropoda	<i>Cerithidea quadrata</i>	41	20	23
	<i>Cerithidea scalariformis</i>	162	61	58
	<i>Crepidula convexa</i>	39	20	29
	<i>Cylichna oculata</i>	69	25	0
	<i>Margarites cinereus</i>	9	8	11
	<i>Melampus coffeus</i>	154	54	74
	<i>Nassarius albus</i>	44	6	0
	<i>Nerita fulgurans</i>	96	79	45
	<i>Telescopium mauritsi</i>	31	16	19
	<i>Pedipes mirabilis</i>	11	17	19
	<i>Sinum maculatum</i>	222	194	232
	<i>Tricolia affinis</i>	54	184	179
	<i>Urosalpinx perrugata</i>	39	16	0
Bivalvia	<i>Lithophaga nigra</i>	24	6	9
	<i>Nucula verrilli</i>	58	15	10
	<i>Pitar circinata</i>	28	15	29
	<i>Tellina radiata</i>	69	27	32
Crustacea	<i>Sesarma</i> sp	31	22	14
	<i>Uca</i> sp	0	10	11
Polychaeta	<i>Eunice fucata</i>	5	24	19
Sipuncula	<i>Phascolosoma lurco</i>	50	21	15

Gastropoda umumnya lebih berlimpah di kerapatan jarang, kecuali *M. cinereus*, *P. mirabilis*, *S. maculatum* dan *T. affinis*. Kelimpahan *M. cinereus* dan *P. mirabilis* meningkat dengan meningkatnya kerapatan mangrove. *S. maculatum* lebih berlimpah di kerapatan padat, sedangkan *T. affinis* lebih berlimpah di kerapatan sedang. Sama halnya dengan Gastropoda, kelimpahan Bivalvia secara umum semakin berkurang dengan meningkatnya kerapatan mangrove, kecuali *P. circinata* yang lebih banyak ditemukan di kerapatan padat. Crustacea yang terdiri atas *Sesarma* sp dan *Uca* sp memberikan respon berbeda

terhadap kerapatan mangrove. *Sesarma* sp paling banyak ditemukan di kerapatan jarang dan semakin berkurang dengan meningkatnya kerapatan mangrove, sedangkan *Uca* sp lebih banyak ditemukan di kerapatan padat. Polychaeta (*Eunice fucata*) paling banyak ditemukan di kerapatan sedang. Kelimpahan Sipuncula (*Phascolosoma lurco*) semakin berkurang dengan meningkatnya kerapatan mangrove.

Perbedaan kelimpahan ini dapat disebabkan oleh perbedaan pilihan habitat yang lebih disukai oleh tiap jenis fauna. Perbedaan pilihan habitat dapat dipengaruhi intensitas cahaya, produksi serasah dan komposisi substrat. Gastropoda umumnya bersifat herbivora yang mengkonsumsi mikroalga yang tumbuh di atas substrat. Pengamatan secara visual terhadap mikroalga ini menunjukkan koloni yang banyak terdapat di kerapatan jarang, sehingga kebutuhan Gastropoda akan makanan lebih terpenuhi. Kebutuhan mikroalga akan cahaya untuk proses fotosintesis juga lebih terpenuhi di kerapatan jarang. Berbeda halnya dengan *Uca* sp yang lebih berlimpah di kerapatan padat. *Uca* sp diketahui mengkonsumsi serasah mangrove. Banyaknya *Uca* sp di kerapatan padat diduga karena produksi serasah yang lebih tinggi.

Kelimpahan total individu di kerapatan jarang, sedang dan padat berturut-turut adalah 49,44 individu/m², 33,60 individu/m² dan 33,12 individu/m². Kelimpahan tertinggi berada di kerapatan jarang, kemudian menurun dengan meningkatnya kerapatan mangrove. Kelimpahan total individu dapat dipengaruhi oleh kesuburan alga bentik yang hidup di permukaan substrat atau tumbuhan epifit yang berasosiasi dengan akar mangrove, terutama kelimpahan Gastropoda yang bersifat herbivora. Selain itu, meningkatnya kerapatan mangrove menyebabkan

meningkatnya luas tutupan akar mangrove terhadap dasar hutan, sehingga kelimpahan fauna makrobenthos menurun karena berkurangnya area bagi mereka.

Hasil uji Kruskal-Wallis (Lampiran 15) terhadap kelimpahan masing-masing jenis menunjukkan bahwa masing-masing fauna makrobenthos memberikan respon yang berbeda terhadap kerapatan mangrove. Tingkat kepercayaan perbedaan kelimpahan tiap jenis adalah sebagai berikut:

- Kelimpahan *C. quadrata* antara ketiga kerapatan berbeda hingga tingkat kepercayaan 95%; antara kerapatan jarang dan sedang berbeda nyata (Sig.<0,05); antara kerapatan jarang dan padat berbeda pada tingkat kepercayaan 94,5%; antara kerapatan sedang dan padat perbedaannya sangat kecil (25,3%).
- Kelimpahan *C. scalariformis* antara ketiga kerapatan berbeda nyata pada (Sig.<0,05); antara kerapatan jarang dan sedang berbeda nyata (Sig.<0,05); antara kerapatan jarang dan padat berbeda sangat nyata (Sig.<0,01); antara kerapatan sedang dan padat perbedaannya sangat kecil (8,4%).
- Kelimpahan *C. convexa* antara ketiga kerapatan berbeda pada tingkat kepercayaan 90,1%; antara kerapatan jarang dan sedang berbeda nyata (Sig.<0,05); antara kerapatan jarang dan padat berbeda pada tingkat kepercayaan 70,8%; antara kerapatan sedang dan padat perbedaannya kecil (47,5%).
- Kelimpahan *C. occulata* antara ketiga kerapatan, antara kerapatan jarang dan sedang, antara kerapatan jarang dan padat, serta antara kerapatan sedang dan padat berbeda sangat nyata (Sig.<0,01), karena jenis ini tidak terdapat di kerapatan padat.

- Kelimpahan *M. cinereus*, baik antara ketiga kerapatan, maupun antara masing-masing kerapatan, perbedaan sangat kecil. Antara ketiga kerapatan 12,9%; antara kerapatan jarang dan sedang 8,6%; antara kerapatan jarang dan padat 25,4%; antara kerapatan sedang dan padat 40,6%.
- Kelimpahan *M. coffeus* antara ketiga kerapatan; antara kerapatan jarang dan sedang; serta antara kerapatan jarang dan padat berbeda sangat nyata (Sig.<0,01), tetapi antara kerapatan sedang dan padat berbeda pada tingkat kepercayaan 82,9%.
- Kelimpahan *N. albus*, baik antara ketiga kerapatan, maupun antara masing-masing kerapatan, berbeda sangat nyata (Sig.<0,01), karena jenis ini tidak terdapat di kerapatan padat.
- Kelimpahan *N. fulgurans* antara ketiga kerapatan, serta antara kerapatan jarang dan padat berbeda sangat nyata (Sig.<0,01); antara kerapatan jarang dan sedang berbeda pada tingkat kepercayaan 82,8%; antara kerapatan jarang dan padat berbeda nyata (Sig.<0,05).
- Kelimpahan *T. mauritsi* antara ketiga kerapatan berbeda pada tingkat kepercayaan 71,1%; antara kerapatan jarang dan sedang berbeda pada tingkat kepercayaan 84%; antara kerapatan jarang dan padat berbeda pada tingkat kepercayaan 71,1%; antara kerapatan sedang dan padat berbeda pada tingkat kepercayaan 55,7%.
- Kelimpahan *P. mirabilis* antara ketiga kerapatan perbedaannya kecil (44,3%); antara kerapatan jarang dan sedang berbeda pada tingkat kepercayaan 54,1%; antara kerapatan jarang dan padat berbeda pada tingkat kepercayaan 65,9%; antara kerapatan sedang dan padat perbedaannya kecil (41,2%).

- Kelimpahan *S. maculatum* antara ketiga kerapatan berbeda pada tingkat kepercayaan 71,1%; antara kerapatan jarang dan sedang berbeda pada tingkat kepercayaan 65,3%; antara kerapatan jarang dan padat perbedaannya kecil (39,8%); antara kerapatan sedang dan padat berbeda pada tingkat kepercayaan 88,3%.
- Kelimpahan *T. affinis* antara ketiga kerapatan berbeda nyata (Sig.<0,05); antara kerapatan jarang dan sedang berbeda sangat nyata (Sig.<0,01); antara kerapatan jarang dan padat berbeda pada tingkat kepercayaan 90,6%; antara kerapatan sedang dan padat perbedaannya sangat kecil (8,3%).
- Kelimpahan *U. perrugata* antara ketiga kerapatan; antara kerapatan jarang dan padat; serta antara kerapatan sedang dan padat berbeda sangat nyata (Sig.<0,01); antara kerapatan jarang dan sedang berbeda nyata (Sig.<0,05), karena jenis ini tidak terdapat di kerapatan padat.
- Kelimpahan *L. nigra* antara ketiga kerapatan; antara kerapatan jarang dan sedang; serta antara kerapatan jarang dan padat berbeda nyata (Sig.<0,05); antara kerapatan sedang dan padat berbeda pada tingkat kepercayaan 76,7%.
- Kelimpahan *N. verrilli* antara ketiga kerapatan; serta antara kerapatan jarang dan sedang berbeda nyata (Sig.<0,05); antara kerapatan jarang dan padat berbeda sangat nyata (Sig.<0,01); antara kerapatan sedang dan padat tidak ada perbedaan.
- Kelimpahan *P. circinata* antara ketiga kerapatan berbeda pada tingkat kepercayaan 92,7%; antara kerapatan jarang dan sedang berbeda pada tingkat kepercayaan 91,4%; antara kerapatan jarang dan padat berbeda pada tingkat

kepercayaan 60,5%; antara kerapatan sedang dan padat berbeda nyata (Sig.<0,05).

- Kelimpahan *T. radiata* antara ketiga kerapatan; antara kerapatan jarang dan sedang; serta antara kerapatan jarang dan padat berbeda nyata (Sig.<0,05); antara kerapatan sedang dan padat perbedaannya kecil (47,3%).
- Kelimpahan *Sesarma* sp antara ketiga kerapatan berbeda pada tingkat kepercayaan 90,3%; antara kerapatan jarang dan sedang berbeda pada tingkat kepercayaan 79,7%; antara kerapatan jarang dan padat berbeda nyata (Sig.<0,05); antara kerapatan sedang dan padat berbeda pada tingkat kepercayaan 71,7%.
- Kelimpahan *Uca* sp antara ketiga kerapatan; antara kerapatan jarang dan sedang; serta antara kerapatan jarang dan padat berbeda nyata (Sig.<0,05); antara kerapatan sedang dan padat perbedaannya kecil (8,6%), karena jenis ini tidak terdapat di kerapatan jarang.
- Kelimpahan *E. fucata* sp antara ketiga kerapatan berbeda nyata (Sig.<0,05); antara kerapatan jarang dan sedang; serta antara kerapatan jarang dan padat berbeda sangat nyata (Sig.<0,01); antara kerapatan sedang dan padat perbedaannya kecil (33%).
- Kelimpahan *P. lurco* antara ketiga kerapatan berbeda pada tingkat kepercayaan 62,5%; antara kerapatan jarang dan sedang berbeda pada tingkat kepercayaan 53,8%; antara kerapatan jarang dan padat berbeda pada tingkat kepercayaan 75,2%; antara kerapatan sedang dan padat berbeda pada tingkat kepercayaan 71,3%.

- Kelimpahan total fauna makrobenthos antara ketiga kerapatan, antara kerapatan jarang dan sedang, serta antara kerapatan jarang dan padat berbeda sangat nyata ($\text{Sig.} < 0,01$); antara kerapatan sedang dan padat berbeda pada tingkat kepercayaan 80,4%.

Umumnya, perbedaan kelimpahan fauna makrobenthos antara kerapatan jarang dengan kedua kerapatan lainnya lebih besar daripada antara kerapatan sedang dengan kerapatan padat. Hal ini disebabkan oleh jaraknya yang lebih jauh daripada jarak antara kerapatan sedang dengan kerapatan padat, sehingga kondisi fisik dan kimia lingkungannya berbeda dengan kedua kerapatan lain yang lebih dekat. Akibatnya kelimpahan masing-masing jenis antara kerapatan sedang dan kerapatan padat mempunyai kesamaan yang lebih dekat daripada antara kerapatan jarang dengan kerapatan sedang. Ini dibuktikan dengan hasil analisis *cluster* terhadap kerapatan mangrove berdasarkan kelimpahan masing-masing jenis fauna makrobenthos yang menunjukkan besarnya koefisien hubungan antara kerapatan sedang dengan kerapatan padat 66,663, sedangkan antara kerapatan jarang dengan kerapatan sedang 222,212 (Lampiran 16).

Nilai indeks kekayaan jenis di kerapatan jarang 2,67; di kerapatan sedang 2,97 dan di kerapatan padat 2,53. Nilai indeks kekayaan jenis di kerapatan jarang lebih rendah daripada di kerapatan sedang, karena jenis fauna makrobenthos penyusun komunitas di kerapatan jarang lebih sedikit daripada di kerapatan sedang. Jenis fauna makrobenthos penyusun komunitas di kerapatan jarang 20 jenis, sedangkan di kerapatan sedang 21 jenis. Nilai indeks kekayaan jenis di tiap kerapatan menunjukkan status ekosistem dalam kondisi moderat atau tidak stabil yang berarti bahwa komponen-komponen penyusun komunitas fauna

makrobenthos mulai mengalami gangguan lingkungan. Jumlah jenis maupun jumlah individu setiap jenis fauna makrobenthos akan mudah berubah, jika mengalami sedikit saja peningkatan gangguan lingkungan bisa mengakibatkan kondisi yang buruk.

4.7.2. Nilai Penting

Tabel 14 menyajikan nilai penting (NP) dari masing-masing jenis fauna.

Tabel 14. Nilai Penting (%) Fauna Makrobenthos

Spesies	Jarang	Sedang	Padat
<i>C. quadrata</i>	8,64	7,38	8,66
<i>C. scalariformis</i>	18,43	12,26	12,89
<i>C. convexa</i>	8,47	7,38	9,38
<i>C. oculata</i>	10,90	7,98	0
<i>M. cinereus</i>	4,98	4,95	6,03
<i>M. coffeus</i>	17,78	11,43	14,82
<i>N. albus</i>	8,88	4,71	0
<i>N. fulgurans</i>	13,09	14,40	11,32
<i>T. mauritsi</i>	7,83	6,90	8,18
<i>P. mirabilis</i>	4,08	7,02	8,18
<i>S. maculatum</i>	23,28	28,10	33,90
<i>T. affinis</i>	9,69	26,90	27,50
<i>U. perrugata</i>	8,47	6,90	0
<i>L. nigra</i>	7,26	3,71	6,97
<i>N. verrilli</i>	10,01	6,79	7,09
<i>P. circinata</i>	7,58	6,79	9,38
<i>T. radiata</i>	10,90	8,21	7,39
<i>Sesarma</i> sp	7,83	7,62	7,57
<i>Uca</i> sp	0	5,19	6,03
<i>E. fucata</i>	3,60	7,86	7,00
<i>P. lurco</i>	8,30	7,50	7,69

S. maculatum mempunyai NP tertinggi di ketiga kerapatan yang menunjukkan peran ekologisnya yang besar, karena kelimpahan yang tinggi dan sebarannya merata di ketiga kerapatan. Peran ekologisnya meningkat dengan bertambahnya kerapatan mangrove. Dilihat dari ukurannya yang kecil diduga kelimpahannya yang tinggi dan sebarannya yang merata, karena pengambilan sampel dilakukan pada musim pemijahannya.

C. scalariformis, *C. occulata*, *M. coffeus*, *N. albus*, *L. nigra*, *U. perrugata*, *N. verrilli*, *T. radiata* dan *Sesarma* sp mempunyai NP paling tinggi di kerapatan jarang, karena kelimpahannya yang lebih tinggi dan sebarannya lebih merata daripada di kerapatan lainnya. Sedangkan *N. fulgurans* dan *E. fucata* mempunyai NP paling tinggi di kerapatan sedang. Tingginya NP *N. fulgurans* disebabkan oleh sebarannya yang lebih merata daripada di kerapatan lainnya. Tingginya NP *E. fucata* disebabkan kelimpahannya yang lebih tinggi daripada di kerapatan lainnya.

M. cinereus, *T. mauritsi*, *P. mirabilis*, *T. affinis*, *P. circinata*, *P. lurco* dan *Uca* sp mempunyai NP lebih tinggi di kerapatan padat daripada kerapatan lainnya. Tingginya NP *M. cinereus*, *P. mirabilis*, *T. Affinis*, *P. circinata* dan *Uca* sp disebabkan kelimpahannya yang lebih tinggi daripada kerapatan lain, terutama *Uca* sp yang tidak terdapat di kerapatan jarang. Besar dugaan melimpahnya jenis-jenis ini di kerapatan padat disebabkan oleh besarnya produksi serasah yang menjadi makanannya. Tingginya NP *T. Mauritsi* dan *P. lurco* di kerapatan padat disebabkan oleh rendahnya kekayaan jenis, karena ada tiga jenis fauna yang tidak ditemukan di kerapatan padat.

4.7.3. Komposisi Fauna Makrobenthos

Tabel 15. Komposisi Fauna makrobenthos berdasarkan kerapatan mangrove.

Kelas	Jarang	Sedang	Padat
Gastropoda	78.56%	83.33%	83.21%
Bivalvia	14.48%	7.50%	9.66%
Crustacea	2.51%	3.81%	3.02%
Polychaeta	0.40%	2.86%	2.29%
Sipuncula	4.05%	2.50%	1.81%

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa, Gastropoda mempunyai persentase terbesar di semua kerapatan, sejalan dengan frekwensi kemunculannya di tiap kerapatan yang menunjukkan penyebarannya yang luas. Besarnya persentase Gastropoda disebabkan jenisnya yang paling banyak (Tabel 13) dan umumnya epifauna dengan pergerakan yang lambat, sehingga sangat mudah ditemukan dengan metode pengambilan sampel fauna makrobenthos yang digunakan dalam penelitian ini (metode bingkai bujursangkar). Persentase Bivalvia berada di bawah Gastropoda, karena Bivalvia umumnya infauna, sehingga jarang ditemukan.

Persentase Crustacea lebih kecil daripada Gastropoda dan Bivalvia. Pada penelitian ini ditemukan 2 jenis crustacea, yaitu *Sesarma* sp dan *Uca* sp. Seperti diketahui kedua jenis tersebut merupakan fauna mangrove dengan penyebaran yang luas, karena mobilitasnya yang tinggi. Walaupun penyebarannya luas, tetapi kedua jenis ini jarang ditemukan dalam penelitian ini, karena gerakannya yang cepat untuk menyembunyikan diri ke dalam lubangnya. Di kerapatan jarang persentase Crustacea lebih kecil dari Sipuncula, karena di sini tidak ditemukan *Uca* sp. Di samping itu, Sipuncula lebih berlimpah di kerapatan jarang, diduga karena tekstur substrat dengan kandungan pasir lebih tinggi.

4.7.4. Indeks kesamaan

Indeks kesamaan antara kerapatan dapat dilihat pada Tabel 16. Nilai indeks kesamaan menunjukkan kesamaan jenis fauna makrobenthos yang menyusun komunitas sangat tinggi. Nilai indeks kesamaan fauna makrobenthos paling tinggi adalah antara kerapatan jarang dengan kerapatan sedang, kemudian antara kerapatan jarang dengan kerapatan padat dan yang paling rendah antara kerapatan sedang dengan kerapatan padat. Karena semua jenis fauna makrobenthos yang ditemukan ada di kerapatan sedang dan jenis fauna makrobenthos paling sedikit di kerapatan padat. Tingginya nilai indeks kesamaan mengindikasikan bahwa perbedaan antara kerapatan disebabkan oleh perbedaan kelimpahan setiap jenis fauna.

Tabel 16. Indeks Kesamaan Jenis Fauna Makrobenthos

	Sedang	Padat
Jarang	97,6%	94,7%
Sedang	-	92,3%

4.7.5. Indeks keanekaragaman jenis

Indeks keanekaragaman jenis di tiap kerapatan jarang, sedang dan padat dapat dilihat pada Tabel 17. Indeks keanekaragaman jenis fauna makrobenthos di semua plot di kerapatan jarang masuk dalam kategori tinggi, berarti komunitas fauna makrobenthos berada dalam kondisi stabil yang berarti bahwa komunitas fauna makrobenthos tidak terganggu dengan kualitas lingkungan dan dapat hidup baik dengan kondisi lingkungan yang ada. Indeks keanekaragaman jenis fauna makrobenthos di kerapatan sedang dan padat masuk dalam kategori rendah hingga tinggi. Plot B1, B3, C1, C2 dan C3 masuk kategori rendah, plot B2 masuk

kategori sedang, plot B4, B5, C4 dan C5 masuk kategori tinggi (Lampiran 17). Hal ini menunjukkan bahwa kualitas lingkungan di kerapatan sedang dan padat lebih rendah daripada kerapatan jarang, karena lebih sering tergenang air pasang yang membawa limbah.

Tabel 17. Indeks Keanekaragaman Jenis (H') Fauna Makrobenthos Berdasarkan Kerapatan Mangrove.

Kerapatan	H'	Kategori
Jarang	2,24 – 2,61	Tinggi
Sedang	1,33 – 2,51	Rendah - Tinggi
Padat	1,35 – 2,51	Rendah - Tinggi

Ada kemiripan pola indeks keanekaragaman jenis antara kerapatan sedang dan padat, pada plot-plot yang lebih dekat dengan sungai pasang surut nilai indeks keanekaragaman jenis tinggi. Diduga secara tidak langsung faktor jarak dari sungai pasang surut mempengaruhi keanekaragaman jenis fauna makrobenthos, khususnya antara kerapatan jarang dan padat. Jarak dari sungai pasang surut berpengaruh terhadap frekwensi penggenangan air pasang yang tergantung pada kemiringan dasar hutan. Biasanya jarak yang dekat dengan sungai tergenang lebih sering daripada yang jauh. Perbedaan frekwensi penggenangan menyebabkan perbedaan kelembaban dan salinitas substrat dan mempengaruhi penyebaran fauna makrobenthos. Jarak kerapatan jarang yang jauh kedua kerapatan lainnya, menyebabkan pengaruh dari sungai pasang surut berkurang, karena lebar sungai yang menyempit. Di samping itu, jaraknya sangat dekat dengan aliran air tawar yang masuk ke kawasan, sehingga selalu menerima masukan air tawar yang merembes ke semua plot. Di duga, kelembaban dan salinitas substrat di kerapatan jarang cenderung merata di semua plot, sehingga jenis dan sebaran fauna makrobenthos lebih merata.

Hasil analisis cluster terhadap plot berdasarkan kelimpahan jenis fauna makrobenthos menunjukkan plot B1, B2, B3, C1, C2 dan C3 dalam satu cluster, plot B4, B5, C4 dan C5 dalam satu cluster yang berbeda. Berdasarkan nilai indeks keanekaragaman jenis, plot B4, B5, C4 dan C5 menjadi satu cluster dengan plot-plot di kerapatan jarang. Nilai koefisien kontingensi 0,559 yang menunjukkan adanya keterkaitan yang cukup kuat antara keanekaragaman jenis fauna makrobenthos dengan kerapatan mangrove. Nilai signifikansi 0,147 menunjukkan bahwa keanekaragaman jenis diketiga kerapatan berbeda pada tingkat kepercayaan 85,3%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Meningkatnya kerapatan mangrove secara tidak langsung menyebabkan menurunnya produktivitas primer fitoplankton.
2. Ada keterkaitan yang cukup kuat antara keanekaragaman jenis fauna makrobenthos dengan kerapatan mangrove.
3. Keanekaragaman jenis fauna makrobenthos menunjukkan kualitas lingkungan kawasan mangrove dalam kondisi moderat yang rawan berubah menjadi buruk.

5.2. Saran

1. Pengelolaan KKMB khususnya dalam usaha perluasan kawasan hendaknya memperhatikan kerapatan mangrove. Penanaman kembali pohon mangrove hendaknya memperhatikan jarak tanam agar keseimbangan antara kebutuhan cahaya untuk proses fotosintesis fitoplankton, alga dan epifit yang berasosiasi dengan mangrove dan kesuburan mangrove sendiri.
2. Untuk menjaga keanekaragaman jenis fauna makrobenthos yang tinggi, sebaiknya dilakukan penanaman mangrove dengan kerapatan jarang (< 1000 pohon/ha).
3. Harus dilakukan pengolahan limbah domestik sebelum dibuang untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap perairan sekitar KKMB.

DAFTAR PUSTAKA

- Alongi, D. M. 1994. *Zonation and Seasonality of Benthic Primary Production and Community Respiration in Tropical Mangrove Forests*. *Oecologia* 98 (3): 320-327.
- Alongi, D. M. 1998. *Coastal Ecosystem Processes*. CRC Press LLC. Boca Raton. Florida.
- Alcantara, P. H., dan Weiss, V. S. 1991. *Ecological Aspects of The Polychaeta Population Associated with The Red Mangrove Rhizophora mangle at Laguna de Terminos, Southern Part of The Gulf of Mexico*. *Ophelia* 5: 451 – 462.
- BAPPEDA Kota Tarakan. 2006. *PERDA Nomor 03 Tahun 2006 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Tarakan*. BAPPEDA Kota Tarakan.
- Barnes, D.K.A. 1997. *Ecology of Tropical Hermit Crabs at Quirimba Island, Mozambique: Distribution, Abundance and Activity*. *Marine Ecology Progress Series* 154: 133-142.
- Basmi, J. 2000. *Plankton Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan*. Institut Pertanian Bogor.
- Bengen, D. G. 2004. *Sinopsis : Ekosistem dan Sumberdaya Pesisir dan Laut Serta Prinsip Pengelolaannya*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan . Institut Pertanian Bogor.
- BPLH Kota Tarakan. 2008. *Sejarah dan Pesona Kawasan Konservasi Mangrove dan Bekantan Kota Tarakan*. BPLH Kota Tarakan.
- Budiman, A. 1985. *The molluscan fauna in reef associated mangrove forests in Elpaputih and Wallale, Ceram, Indonesia*. Australian National University. Mangrove Monograph No. 1. Darwin. p.: 251-258.
- Boto, K. G. dan Robertson, A. I. 1990. *The Relationship Between Nitrogen Fixation and Tidal Exports of Nitrogen in a Tropical Mangrove System*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 31 (5): 531-540.
- Bunt, J. S. 1995. *Continental Scale Pattern in Mangrove Litter Fall*. *Hydrobiologia* 295 (1): 135-140.
- Cannicci, S., Ritossa, S., Ruwa, R. K. dan Vannini, M. 1996. *Tree Fidelity and Hole Fidelity in The Tree Crab Sesarma leptosoma (Decapoda: Grapsidae)*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 196 (1): 299-311.
- Carleton. 2009. *Measuring Primary Production Using ¹⁴C Radiolabeling*. serc.carleton.edu/16469.
- Carpenter, K. E. dan V. H. Niem.(Ed). 1998. *The Living Marine Resources of the Western Central Pacific*. Volume 1. Seaweeds, Corals, Bivalves and Gastropods. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

- _____. 1998. *The Living Marine Resources of the Western Central Pacific*. Volume 2. Cephalopods, Crustaceans, Holothurians and Sharks. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Chakraborty, S. K. dan Choudhury, A. 1992. *Population Ecology of Fiddler Crabs (Uca spp.) of the Mangrove Estuarine Complex of Sunderbans, India*. Tropical Ecology 33 (1): 78-88.
- Chaudhuri, A. B dan A. Choudhury. 1994. *Mangrove of the Sundarbands*. IUCN-The World Conservation Union. Bangkok
- Conde, J. E. dan Diaz, H. 1992. *Extension of The Stunting Range in Ovigerous Females of The Mangrove Crab Aratus pisonii* (H. Milne Edwards, 1837) (Decapoda: Brachyura: Grapsidae). Crustaceana 62 (3): 319-322.
- Conde, J. E., Alarcon, C., Flores, S. dan Diaz, H. 1995. *Nitrogen and Tannins in Mangrove Leaves Might Explain Interpopulation Variations in The Crab Aratus pisonii*. Acta Cientifica de Venezuela 46: 303-304.
- Connel, D. W., dan Miller, G. J. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi*. Penerjemah Koestoer, Y dan Sehati. UI Press. Jakarta.
- Correa, M. O. D. A. dan V. S. Uieda. 2008. *Composition of the Aquatic Invertebrate Fauna Associated to the Mangrove Vegetation of a Coastal River, Analyzed Through a Manipulative Experiment*. Pan-American Journal of Aquatic Sciences 3 (1): 23-31
- Coto, Z. T. B. Suselo, S. Rahardjo, J. Purwanto, E. M. Adiwilaga, dan P. J. H. Nainggolan. 1986. *Interaksi ekosistem hutan mangrove dan ekosistem perairan di daerah estuaria*. Diskusi panel daya guna dan batas lebar jalur hijau hutan mangrove. Ciloto. 27 Pebruari-1 Maret 1986. Proyek Lingkungan Hidup LIPI dan Departemen Kehutanan.
- Dahdouh, G. F., Verneirt, M., Tack, J. F. dan Koedam, N. 1997. *Food Preferences of Neosarmatium meinerti de Man (Decapoda: Sesarminae) and Its Possible Effect on The Regeneration of Mangroves*. Hydrobiologia 347 (1) : 83-89.
- Dance, S. P. 1977. *The Encyclopedia of Shells*. 2nd Ed. Blanford Press. London.
- DKP. 2002. *Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No. 34 Tahun 2002 tentang Pedoman Umum Penataan Ruang Pesisir dan Pulau-pulau Kecil*. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- _____. 2004. *Keputusan Dir.Jen. Kelautan, Pesisir dan Pulau-pulau Kecil No. 76 Tahun 2004 tentang Pedoman Penyusunan Rencana Zonasi Kawasan Pesisir dan Laut*. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Dinas Kelautan dan Perikanan. 2009. *Tabel Pasang Surut Selat Lingkas Kota Tarakan*. Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Tarakan. Tarakan.
- Dobson, M., dan Frid, C. 1998. *Ecology of Aquatic Systems*. Addison Wesley Longman. Singapore.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.

- Emmerson, W. D. dan McGwynne, L. E. 1992. *Feeding and Assimilation of Mangrove Leaves by The Crab Sesarma meinertii de Man in Relation to Leaf Litter Production in Mgazana, a Warm-temperature Southern African Mangroves Swamp*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 157 : 41-53.
- English, S., C. Wilkinson dan V. Baker. 1994. *Survey Manual for Tropical Marine Resources*. Australian Institute of Marine Science. Townsville.
- Eshky, A. A., Atkinson, R. J. A. dan Taylor, A. C. 1995 . *Physiological Ecology of Crabs from Saudi Arabian Mangrove*. Marine Ecology Progress Series 126 (1): 83-95.
- Fachrul, M. F. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Fitriana, Y.R. 2006. *Keanekaragaman dan Kemelimpahan Makrozoobentos di Hutan Mangrove Hasil Rehabilitasi Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali*. Biodiversitas 7 (1) : 67-72.
- Folkowski, P.G. dan A. J. Raven. 1997. *Aquatic Photosynthesis*. New York: Blacwell Science-USA.
- Ghosh, P. B., Singh, B. N., Chakrabarty, C., Saha, A., Das, R. L. dan Choudhury, A. 1990. *Mangrove Litter Production in a Tidal Creek of Lothian Island of Sunderbans, India*. Indian Journal of Marine Sciences 19 (4): 292-293.
- Ghozali, I. 2006. *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program SPSS*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang.
- Giesen, W., S. Wulffraat., M. Zieren. dan L. Scholten. 2006. *Mangrove Guidebook for Southeast Asia*. Dharmasarn Co., Ltd. Bangkok.
- Harrison, P. J., Snedaker, S. C., Ahmed, S. I. dan Azam, F. 1994. *Primary Poducers of the Arid Climate Mangrove Ecosystem of the Indus River Delta, Pakistan: An overview*. Tropical Ecology 35 (2): 155-184.
- Henry, S dan Pratt. 1935. *A Manual of The Common Invertebrate Animal*. Mc Graw-Hill Book Company.
- Hogarth, P. J. 2007. *The Biology of Mangroves and Seagrasses*. Oxford University Press Inc. New York.
- Hutabarat, S., dan S. M. Evans. 1985. *Pengantar Oseanografi*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Hutchings, P. dan Saenger, P. 1987. *Ecology of Mangroves*. University of Queensland Press, St Lucia.
- Isaji, S. 1993. *Formation of Organic Sheets in the Inner Shell Layer of Geloina (Bivalvia: Corbiculidae): An Adaptive Response to Shell Dissolution*. Veliger 36 (2) : 166-173.
- Isaji, S. 1995. *Defensive Strategies Against Shell Dissolution in Bivalves Inhabiting Acidic Environments: The case of Geloina (Corbiculidae) in Mangrove Swamps*. Veliger 38 (3) : 235-246.

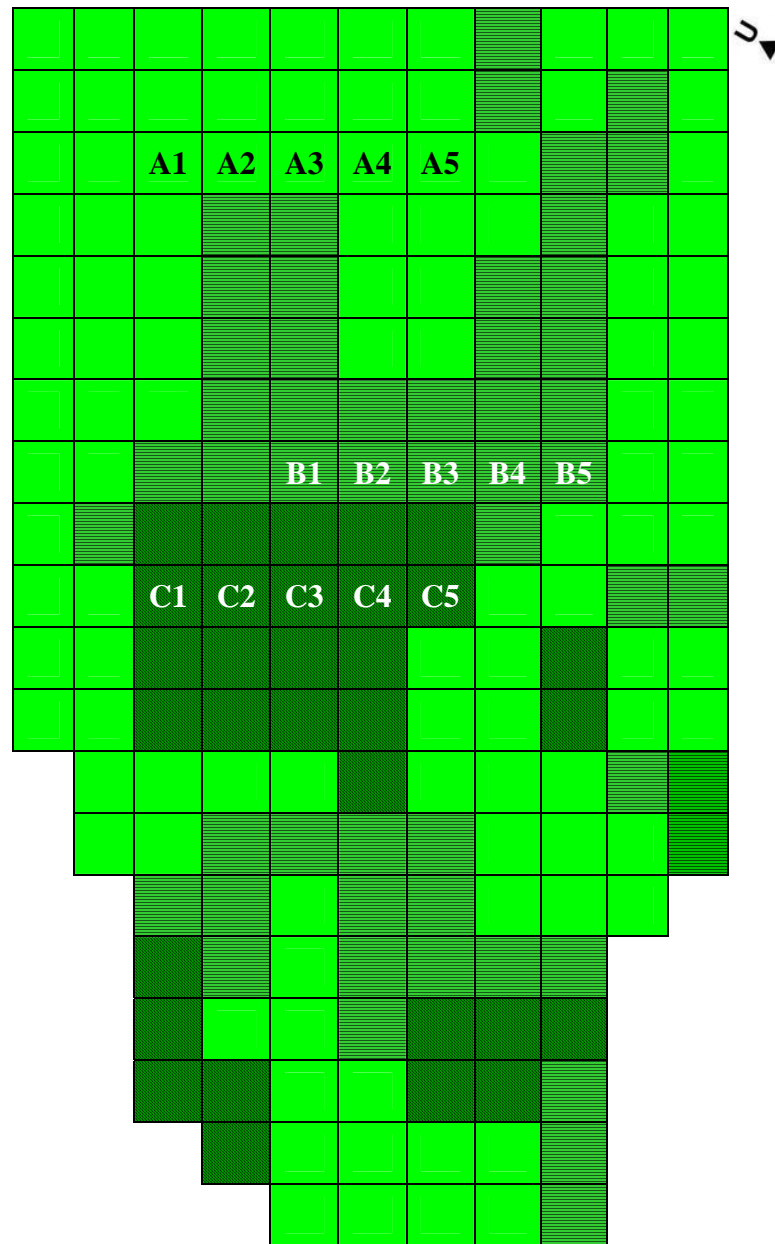
- Jiang, J. X. dan Li, R. G. 1995. *An Ecological Study on The Mollusca in Mangrove Areas in The Estuary of The Jiulong River*. Hydrobiologia 295 (3): 213-220.
- Jorgensen, S. E., R. Contanza, dan F. L. Xu. 2005. *Handbook of Ecological Indicators for Assesment of Ecosystem Healt*. CRC Press. www.crcpress.com
- Kathiresan, K. 2000. *A Review of Studies on Pichavaram Mangrove, Southeast India*. Hydrobiologia 430 (1): 185-205.
- Kawabata, Z., Magendran, A., Palanichamy, S., Venugopalan, V. K. dan Tatsukawa, R. 1993. *Phytoplankton Biomass and Productivity of Different Size Fractions in the Vellar Estuarine System, Southeast Coast of India*. Indian Journal of Marine Sciences 22 (4): 294-296.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 51 Tahun 2004 tentang *Baku Mutu Air Laut*. Jakarta.
- _____. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 201 Tahun 2004 tentang *Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove*. Jakarta.
- Kitheka, J. U. 1996. *Water Circulation and Coastal Trapping of Brackish Water in a Tropical Mangrove Dominated Bay in Kenya*. Limnology and Oceanography 41 (1): 169-176.
- Koch, V. dan Wolff, M. 1996. *The Mangrove Snail Thais kiosquiformis Duclos: A Case of Life History Adaptation to an Extreme Environment*. Journal of Shellfish Research 15 (2): 421-432.
- Kristensen, E., Holmer, M., Banta, G.T., Jensen, M. H. dan Hansen, K. 1995. *Carbon, Nitrogen and Sulphur Cycling in Sediments of the Ao Nam Bor Mangrove Forest, Phuket, Thailand: A review*. Phuket Marine Biological Centre Research Bulletin 60: 37-64.
- Kuriandewa, T.E. 2003. *Produksi Serasah Hutan Mangrove di Kawasan Suaka Margasatwa Sembilang, Propinsi Sumatera Selatan*. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI. Jakarta.
- Kwok, P. W. dan Lee, S. Y. 1995. *The Growth Performances of Two Mangrove Crabs, Chiromanthes bidens and Parasesarma plicata Under Different Leaf Litter Diets*. Hydrobiologia 295 (1): 141-148.
- Lee, S. Y. 1990. *Primary Productivity and Particulate Organic Matter Flow in an Estuarine Mangrove-Wetland in Hong Kong*. Marine Biology 106: 453-463.
- _____. 1998. *Ecological Role of Grapsid Crabs in Mangrove Ecosystems: a review*. Marine and Freshwater Research 49: 335-343.
- LIPI. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota*. Buku II. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LIPI. Jakarta.
- Machiwa, J. F. dan Hallberg, R. O. 1995. *Flora and Crabs in a Mangrove Forest Partly Distorted by Human Activities, Zanzibar*. Ambio 24 (7): 492-496.

- Macintosh, D. J. 1984. *Ecology and productivity of Malaysian mangrove crab populations (Decapoda: Brachyura)*. Proc. As. Symp. Mangr. Env. - Res. & Management, 1984: 354-377.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Croom Helm Ltd. London. <http://books.google.co.id>
- McConnaughey, B. H, dan R. Zottoli. 1983. *Introduction to Marine Biology*. Mosby Co. St. Louis. Toronto.
- McKee, K. L. 2001. *Root proliferation in Decaying Roots and Old Root Channels: A Nutrient Conservation Mechanism in Oligotrophic Mangrove Forests ?*. Journal of Ecology 89: 876–887.
- Micheli, F. 1993. *Feeding Ecology of Mangrove Crabs in North Eastern Australia: Mangrove Litter Consumption by Sesarma messa and Sesarma smithii*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 171 (2):165-186.
- Micheli, F., Gherardi, F. dan Vannini, M. 1991. *Feeding and Burrowing Ecology of Two East African Mangrove Crabs*. Marine Biology 111 (2): 247-254.
- Nazir, M. 1999. *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Nybakken, J. W. 1988. *Biologi Laut*. Suatu Pendekatan Ekologis. Diterjemahkan dari Marine Biology an Ecological Approach oleh M. Eidman. . PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Odum, E. P. 1993. *Dasar-dasar Ekologi*. Diterjemahkan dari *Fundamental of Ecology* oleh T. Samingan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Peter, D. S. 1977. *The Encyclopedia of Shells*. 2nd Edition. Blanford Press. London.
- Poovachiranon, S. dan Tantichodok, P. 1991. *The Role of Sesarmid Crabs in The Mineralization of Leaf Litter of Rhizophora apiculata in a Mangrove, Southern Thailand*. Research Bulletin of Phuket Marine Biological Centre 56 : 63-74.
- Pratt, H. S. 1951. *A Manual of The Common Invertebrate Animals*. (Rev. ed). The Blakiston Co. Philadelphia.
- Ridd, P. V. 1996. *Flow Through Animal Burrows in Mangrove Creeks*. Estuarine, Coastal and Shelf Science 43 (5): 617-625.
- Roberts, D., Soemodihardjo, S., Kastoro, W. 1982. *Shallow Water Marine Mollusc North-East Java*. LON-LIPI. Jakarta.
- Robertson, A. I., Daniel, P. A. dan Dixon, P. 1991. *Mangrove forest structure and productivity in the Fly River estuary, Papua New Guinea*. Marine Biology 111: 147 - 155.
- Roy, S. D. 1997. *Study of Litterfall and Its Decomposition in a Mangrove Stand, South Andaman*. Journal of the Andaman Science Association 13 (3): 119-121.


- Ruswahyuni. 1986. *Studies of Tropical Benthic Organisms*. (Thesis). University of Newcastle upon Tyne. England.
- Ruwa, R. K. 1990. *The Effects of Habitat Complexities Created by Mangroves on Macrofaunal Composition in Brackish Water Intertidal Zones at The Kenya Coast*. *Discovery and Innovation* 2: 49-55.
- Saenger, P. dan Snedaker, S. C. 1993. *Pantropical Trends in Mangrove Above-ground Biomass and Annual Litter Fall*. *Oecologia* 96 : 293-299.
- Skilleter, G. A. 1996. *Validation of Rapid Assessment of Damage in Urban Mangrove Forests and Relationships with Molluscan Assemblages*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 76 (3): 701-716.
- Slim, F. J., Hemminga, M. A., Ochieng, C., Jannink, N. T., Cocheret De La Moriniere, E. dan Van Der Velde, G. 1997. *Leaf Litter Removal by the Snail Terebralia palustris (Linnaeus) and Sesarmid Crabs in an East African Mangrove Forest (Gazi Bay, Kenya)*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 215 (1): 35-48.
- Smith, T. J. III., Boto, K. G., Frusher, S. D. dan Giddins, R. L. 1991. *Keystone Species and Mangrove Forest Dynamics: the Influence of Burrowing by Crabs on Soil Nutrient and Forest Productivity*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 33: 419-432.
- Soegianto, A. 1994. *Ekologi Kuantitatif*. Usaha Nasional. Surabaya
- Steinke, T. D., Rajh, A. dan Holland, A. J. 1993. *The Feeding Behaviour of the Red Mangrove Crab Sesarma meinertii De Man, 1887 (Crustacea: Decapoda: Grapsidae) and Its Effect on the Degradation of Mangrove Leaf Litter*. *African Journal of Marine Science* 13: 151-160.
- Sugiyono. 2004. *Statistik Nonparametrik Untuk Penelitian*. CV Alfabeta. Bandung.
- Sulaiman, W. 2003. *Statistik Nonparametrik Contoh Kasus dan Pemecahannya Dengan SPSS*. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Supriharyono. 2007. *Konservasi Ekosistem Sumberdaya Hayati di Wilayah Pesisir dan Laut Tropis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Tam, N. F. Y., Y. S. Wong, C. Y. Lan dan L. N. Wang. 1998. *"Litter Production and Decomposition in A Subtropical Mangrove Swamp Receiving Wastewater"*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 226: 1-18.
- Thurman, H. V. 1997. *Introductory Oceanography*. Prentice Hall College. New Jersey
- UNEP. 1998. Phytoplankton. www.gcio.org/UNEP1998/UNEP98p38.html
- USDA. 2009. *Soil Survey Manual*. United States Department of Agriculture. soils.usda.gov.


- Wada, K. dan D. Wowor. 1989. *Foraging on Mangrove Pneumatophores by Ocypodid Crabs*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 134: 89-100.
- Wafar, S., Untawale, A.G. dan Wafar, M. 1997. *Litter Fall and Energy Flux in a Mangrove Ecosystem*. Estuarine, Coastal and Shelf Science 44 : 111-124.
- Wang, W.Q., Wang, M., dan Lin, P. 2003. *Seasonal Changes in Element Contents in Mangrove Retranslocation During Leaf Senescence*. Plant and Soil 252: 187–193.
- Wehrtmann, I. S. dan Dittel, A. I. 1990. *Utilization of Floating Mangrove Leaves as a Transport Mechanism of Estuarine Organisms, with Emphasis on the Decapod Crustacea*. Marine Ecology Progress Series 60: 67-73.


Lampiran 1. Peta Kerapatan Mangrove dan Plot Pengambilan Sampel.



keterangan : ukuran plot 20m x 20 m.

 = kerapatan jarang.

 = kerapatan sedang.

 = kerapatan padat.

A, B, C = Plot pengambilan sampel fauna makrobenthos.

Lampiran 2. Pengukuran Intensitas Cahaya

No	Waktu	26 Mei 2009			27 Mei 2009		
		A1	B1	C1	A2	B2	C2
1	11:00	7233.4	5166.7	5166.7	2669.5	2152.8	1808.3
2	11:05	7233.4	5511.1	5511.1	2755.6	2325.0	1980.6
3	11:10	8266.7	5166.7	5511.1	2755.6	2497.2	2238.9
4	11:15	7577.8	6200.0	6200.0	2583.4	2497.2	2238.9
5	11:20	7233.4	6544.5	6544.5	1313.2	1377.8	1550.0
6	11:25	7233.4	5511.1	5166.7	947.2	1011.8	1141.0
7	11:30	7577.8	6200.0	5166.7	818.1	904.2	1162.5
8	11:35	7577.8	7233.4	6200.0	8266.7	6544.5	1162.5
9	11:40	8611.2	8611.2	6200.0	7577.8	6544.5	5511.1
10	11:45	7233.4	6544.5	6200.0	7577.8	7233.4	6544.5
11	11:50	10333.4	10333.4	8611.2	7577.8	7577.8	5511.1
12	11:55	12400.1	10333.4	6200.0	7577.8	7233.4	6200.0
13	12:00	12400.1	10333.4	9300.1	7577.8	7577.8	5511.1
14	12:05	12400.1	10677.8	8266.7	8266.7	7577.8	6200.0
15	12:10	8266.7	7577.8	7233.4	7577.8	7577.8	6200.0
16	12:15	10677.8	6544.5	6544.5	12400.1	7577.8	6200.0
17	12:20	3272.2	2411.1	3961.1	10333.4	16533.4	6200.0
18	12:25	2755.6	1550.0	1377.8	11022.3	16533.4	10677.8
19	12:30	1550.0	1463.9	1216.3	8266.7	7577.8	6200.0
20	12:35	1636.1	1334.7	1130.2	7577.8	7577.8	6200.0
21	12:40	2152.8	1356.3	1367.0	6888.9	7577.8	6200.0
22	12:45	1097.9	775.0	968.8	7577.8	6544.5	5511.1
23	12:50	893.4	699.7	850.4	7577.8	6544.5	5511.1
24	12:55	1173.3	904.2	1011.8	7577.8	6544.5	5511.1
25	13:00	1377.8	990.3	1033.3	2755.6	2325.0	1980.6

lanjutan

No	Waktu	28 Mei 2009			30 Mei 2009		
		A3	B3	C3	A4	B4	C4
1	11:00	18600.1	23422.4	15215.0	12400.1	9261.7	5511.2
2	11:05	15155.7	15511.1	11860.5	12400.1	10429.5	6365.4
3	11:10	16533.4	16544.5	11693.8	13777.9	8266.7	5345.0
4	11:15	18600.1	17233.4	15749.1	4133.4	5284.1	4447.8
5	11:20	17911.2	17233.4	16052.1	5166.7	4855.8	6526.2
6	11:25	16544.5	15821.1	14466.8	3616.7	3334.2	3473.2
7	11:30	18600.1	17577.8	15909.6	3272.2	3608.5	3294.7
8	11:35	17233.4	16533.4	16522.9	2927.8	3327.1	3049.8
9	11:40	17233.4	16533.4	16133.9	4822.3	3381.8	3100.0
10	11:45	17150.5	16200.0	15155.7	3788.9	3639.2	2886.2
11	11:50	18600.1	18266.7	16322.1	5511.1	4305.6	3383.0
12	11:55	18600.1	17577.8	16900.5	4650.0	3542.9	2435.7
13	12:00	17335.7	16544.5	16533.4	15844.5	15351.3	12508.5
14	12:05	9644.5	6200.0	7766.2	15844.5	15288.0	9057.9
15	12:10	14466.8	13422.4	6498.6	14466.8	11917.3	12459.0
16	12:15	15155.7	10333.4	9376.0	12400.1	8266.7	7286.4
17	12:20	13089.0	9300.1	6331.1	14466.8	12459.0	13052.3
18	12:25	12400.1	9300.1	5996.3	4994.5	4130.7	4980.5
19	12:30	11711.2	8611.2	6331.1	3961.1	3670.9	3276.0
20	12:35	11711.2	8611.2	6331.1	3788.9	3399.0	3845.8
21	12:40	18600.1	11711.2	6251.7	4650.0	3969.3	3497.5
22	12:45	16533.4	10333.4	6163.7	3788.9	3290.3	3290.3
23	12:50	13089.0	7577.8	5996.3	4994.5	4628.7	4980.5
24	12:55	13089.0	7577.8	5996.3	5338.9	4947.6	5989.5
25	13:00	13089.0	7577.8	5996.3	5166.7	4256.2	5796.3

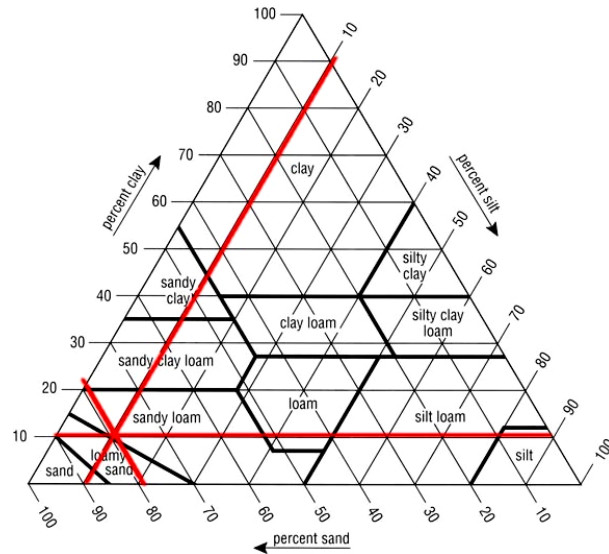
lanjutan

No	Waktu	31 Mei 2009		
		A5	B5	C5
1	11:00	13777.9	9018.3	6544.5
2	11:05	13777.9	9018.3	5511.1
3	11:10	14466.8	8611.2	6544.5
4	11:15	15155.7	12349.0	7577.8
5	11:20	18600.1	11605.9	7577.8
6	11:25	14466.8	13818.9	8611.2
7	11:30	14466.8	10850.0	7233.4
8	11:35	15155.7	12035.0	7577.8
9	11:40	16533.4	12208.8	7577.8
10	11:45	17222.3	12323.6	8266.7
11	11:50	13777.9	12400.0	8266.7
12	11:55	15155.7	10448.2	7233.4
13	12:00	15844.5	13355.0	8266.7
14	12:05	13777.9	10926.8	6544.5
15	12:10	14466.8	12902.3	7577.8
16	12:15	14466.8	13089.0	8611.2
17	12:20	16533.4	14626.8	8611.2
18	12:25	14466.8	12637.9	7577.8
19	12:30	17222.3	12217.0	8266.7
20	12:35	15155.7	12216.9	8266.7
21	12:40	14466.8	10521.2	7233.4
22	12:45	14466.8	11106.3	7233.4
23	12:50	14466.8	12216.9	7577.8
24	12:55	14466.8	12301.3	7577.8
25	13:00	17222.3	12711.3	7577.8

Lampiran 3. Pemetaan Hasil Analisa Substrat ke Segitiga Tekstur Tanah.

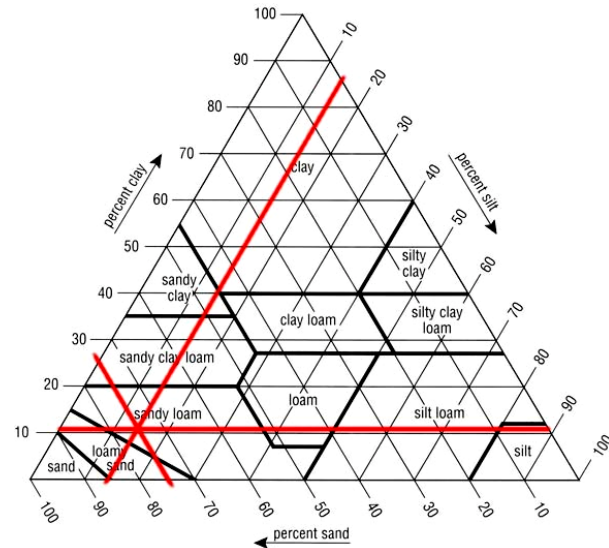
Substrat di kerapatan jarang:

- pasir 79,25 %
- liat 10,03 %
- debu 10,51 %



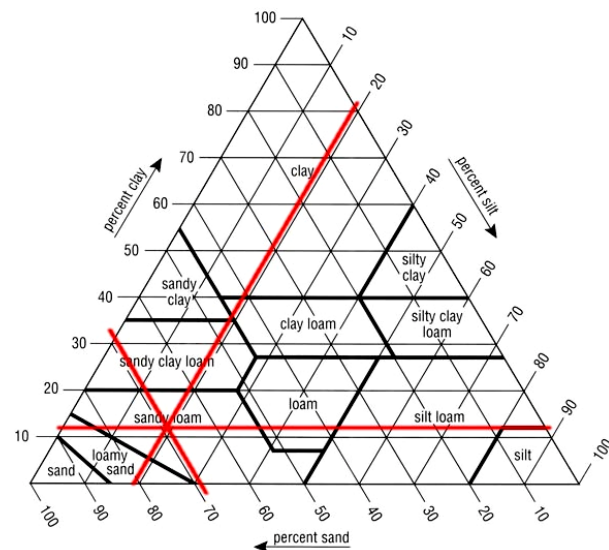
Substrat di kerapatan sedang:

- pasir 74,30 %
- liat 11,18 %
- debu 13,78 %.

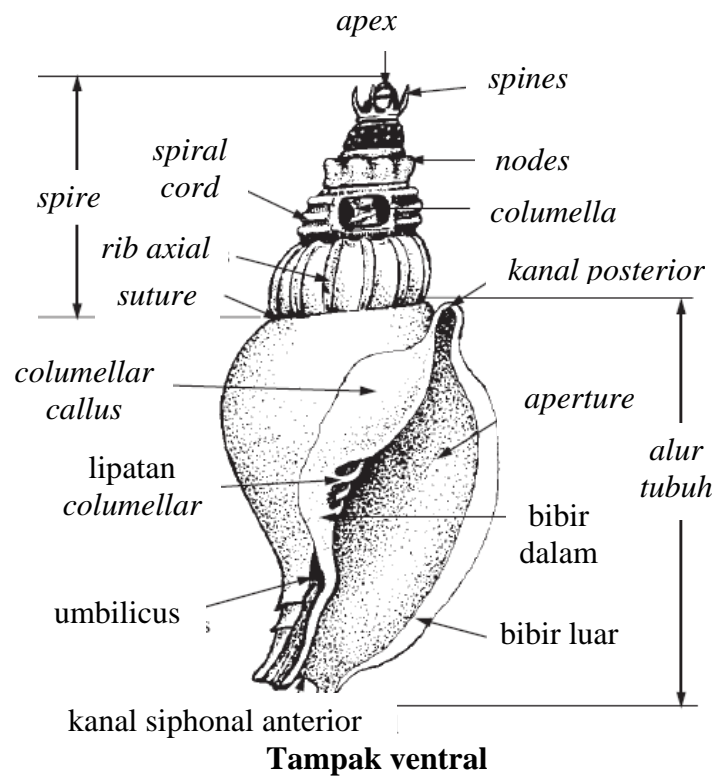


Substrat di kerapatan padat:

- pasir 68,31 %
- liat 12,07 %
- debu 19,46 %.









Lampiran 4. Morfologi Cangkang Gastropoda



Sumber: Carpenter dan Niem, 1998.



Lampiran 5. Gastropoda yang Ditemukan

Spesies	Deskripsi
 <i>Cerithidea quadrata</i>	<p>Cangkang tinggi. Mulut cangkang melebar. Permukaan luar cangkang dihiasi oleh <i>rib spiral</i> dan <i>rib axial Operculum</i> tipis dan membulat, berwarna gelap. <i>Proboscis</i> berwarna merah dengan lingkaran hitam. Warna kaki jalan didominasi dengan warna hitam disertai bintik-bintik merah yang tersebar merata tetapi tidak membentuk pola tertentu.</p>
 <i>Cerithidea scalariformis</i>	<p>Cangkang berwarna coklat terang dengan alur coklat kemerahan yang dipisahkan garis coklat tua di bagian tengah setiap alur. Berukuran kecil. Panjang cangkang mencapai 3,2 cm. <i>Rib</i> cangkang warna kelabu. <i>Aperture</i> melebar.</p>
 <i>Crepidula convexa</i>	<p>Cangkang cembung dan kecil, biasanya berwarna coklat atau coklat keunguan dengan noda atau lapisan yang lebih gelap. Mulut cangkang putih dan kadang-kadang mempunyai lapisan berwarna coklat. <i>Periostracum</i> gelap. Tubuh berwarna kelabu dengan noda kekuning-kuningan atau krem pada tentakel. Garis tepi mulut cangkang memanjang ke depan, kadang-kadang lurus, dan seringkali melengkung. Ada parut otot anterior pada mulut cangkang. <i>Apex</i> seperti paruh, melengkung ke arah ventral.</p>
 <i>Cylichna oculata</i>	<p>Cangkang mengkilap, rapuh, bentuknya lonjong, dengan alur-alur spiral, <i>aperture</i> lebih besar dari alur terakhir dan tinggi <i>spire</i>. <i>Spire</i> mendatar atau menekuk.</p>
 <i>Margarites cenereus</i>	<p>Cangkang pendek, berbentuk kerucut, dengan 5-6 alur yang membesar dan menurun. <i>Sculpture</i>; spiral membubung dan dipisahkan oleh garis pertumbuhan yang jelas; cangkang halus dengan satu atau dua kerut pada batas luar dan runcing dekat <i>umbilicus</i>.</p>
 <i>Melampus coffeus</i>	<p>Bentuk cangkang seperti telurl dan meruncing ke dasar. Umumnya berwarna coklat, kelabu, atau kuning-coklat, dengan satu atau lebih garis yang berwarna terang. <i>Aperture</i> sempit, mempunyai bibir luar yang tipis yang bergerigi di tepi dalam. Bibir dalam berputar ke belakang, berwarna coklat pucat. <i>Spire</i> bentuk kerucut lebar.</p>

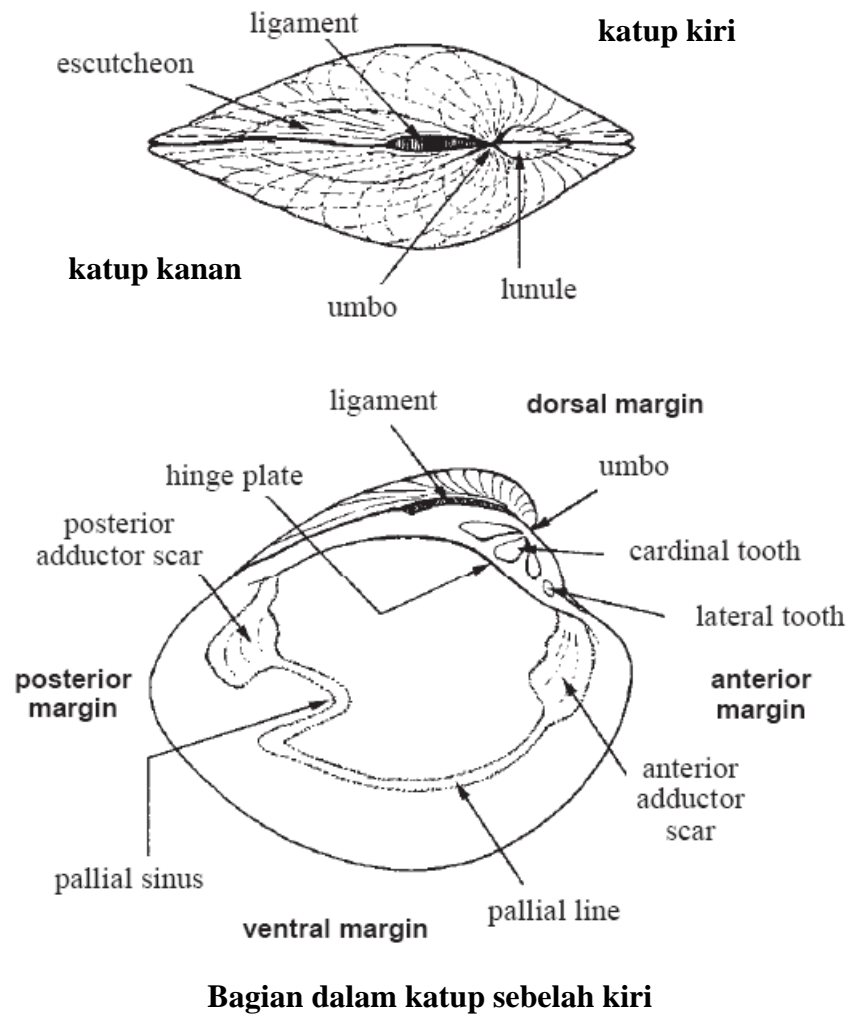
lanjutan

Spesies	Deskripsi
 <i>Nassarius albus</i>	<p>Cangkang pendek dan berat dengan 5 alur, <i>suture</i> tergambar dengan baik dan <i>apex</i> yang jelas. Permukaan cangkang mempunyai punggung vertikal yang dipotong oleh garis mendatar yang terang, penampilan seperti manik-manik. <i>Aperture</i> cangkang dibentuk pada kedua ujung. Bibir luar tebal dan bergigi, bibir dalam mengkilap berpadu dengan alur tubuh</p>
 <i>Pedipes mirabilis</i>	<p>Cangkang berukuran sedang, padat, berbentuk <i>elongateovate</i> (oval memanjang). <i>Apex</i> tumpul, sering kali rusak pada hewan dewasa. <i>Sculpture</i> dari alur <i>axial</i> dan garis spiral halus, menyebabkan pola yang halus sepanjang permukaan cangkang, namun pola lebih kasar di bagian posterior dari bagian anterior. <i>Periostracum</i> kuat. Bagian dalam bibir luar <i>aperture</i> tebal dan halus, dengan gelombang halus sekitar bagian tengah. Lapisan bibir dalam dengan 3 lipatan; lipatan posterior seperti gigi, lipatan tengah miring, bersudut dan besar, lipatan anterior lemah dan arahnya hampir <i>axial</i>. Warna cangkang bagian luar gelap keputih-putihan. <i>Periostracum</i> coklat. <i>Aperture</i> putih.</p>
 <i>Sinum maculatum</i>	<p>Bentuk cangkang seperti telinga, permukaan luar dengan <i>sculpture</i> yang halus. Puncak rendah, tumpul dengan sedikit ulir, ulir besar dan menggembung. <i>Aperture</i> besar, berbentuk setengah lingkaran, dengan bibir luar yang tipis, <i>callus</i> berkembang di bibir dalam. Tidak ada saluran siphon anterior. <i>Umbilicus</i> terbuka. <i>Operculum</i> mengapur dengan beberapa gulungan spiral.</p>
 <i>Tricolia affinis</i>	<p>Cangkang bentuk kerucut dengan <i>suture</i> yang dalam, padat, halus dan mengkilap. Ulir sekitar 2-3 sepanjang cangkang. <i>Aperture</i> bentuk buah pear dengan lekukan <i>umbilicus</i> yang dangkal.</p>
 <i>Nerita fulgurans</i>	<p>Permukaan cangkang mempunyai banyak alur-alur spiral yang dangkal. Permukaan bawah cangkang berwarna kuning bersih tanpa ada bercak. Gerigi pada bagian dasar cangkang tidak begitu kasar.</p>

lanjutan

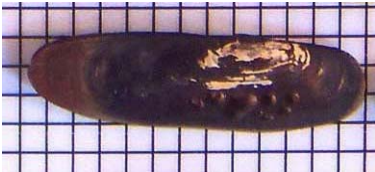



Spesies	Deskripsi
	<p>Cangkang berbentuk kerucut dengan bagian dasarnya datar, tebal, mempunyai alur-alur spiral yang jelas, berwarna coklat kehitam-hitaman.</p>
<p><i>Telescopium mauritsi</i></p>	
	<p>Cangkang panjang, kerucut tajam terdiri atas 7-8. <i>Suture</i> dalam dan berliku. <i>Sculpture</i> paling depan lebar, garis pertumbuhan halus dan rendah, <i>striae</i> seperti tali; <i>costae</i> tidak menjangkau dasar alur tubuh; <i>striae</i> tidak membentuk lunas depan lebih dari saluran sifon. <i>Aperture</i> oval, saluran sifon pendek. Bibir luar tipis (menebal secara internal di dalam cangkang), dengan pembengkakan yang tajam pada dasar saluran sifon. Bibir dalam membentuk lapisan kaca yang luas di atas <i>columella</i> dan ulir tubuh.</p>
<p><i>Urosalpinx perrugata</i></p>	

Lampiran 6. Morfologi Cangkang Bivalvia

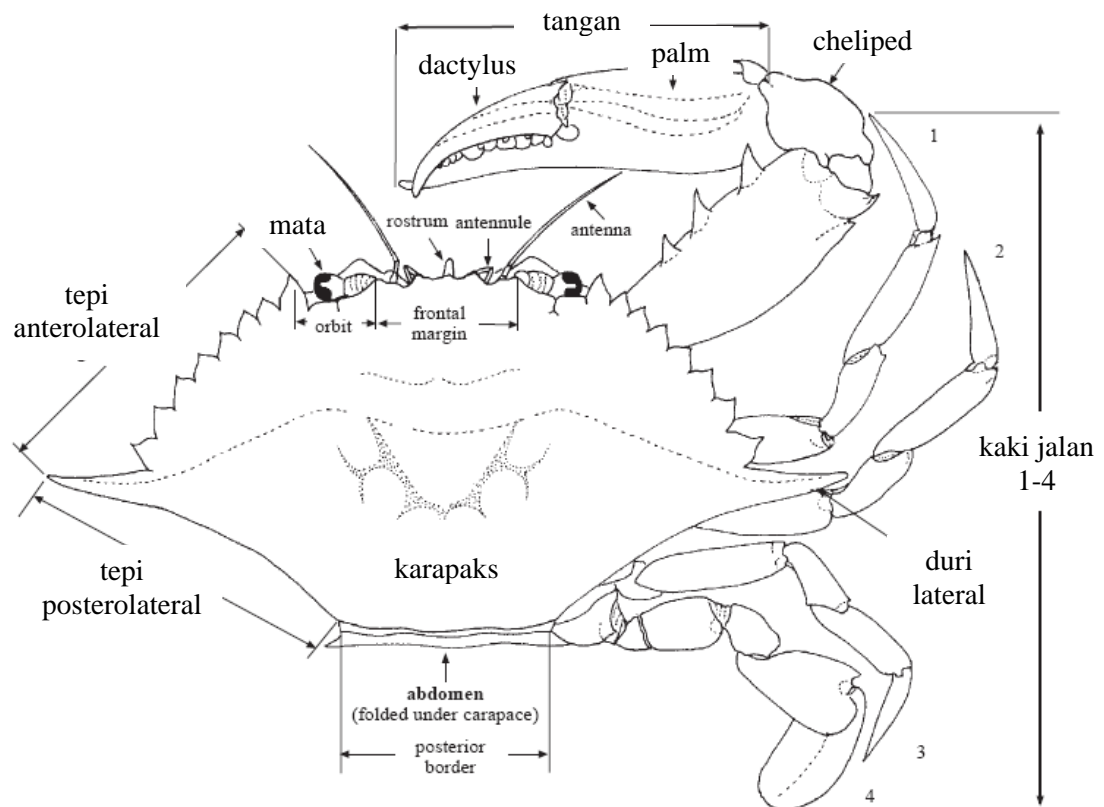


Sumber: Carpenter dan Niem, 1998.



Lampiran 7. Bivalvia yang Ditemukan

Spesies	Deskripsi
 <p data-bbox="389 544 603 577"><i>Lithopaga nigra</i></p>	<p>Cangkang <i>equivalve</i> dan <i>inequalateral</i>, bentuk oval memanjang, subtrigonal, dengan <i>byssal</i> yang sempit membuka ke tepi ventral. <i>Umbones</i> <i>prosogyrate</i>, dekat anterior ujung cangkang. Bagian luar agak halus; <i>sculpture</i> lebih kuat di posterodorsal dan bagian anterior, berkurang pada bagian median ventral. <i>Periostracum</i> berbulu. Ligament eksternal, sepanjang pinggir dorsal posterior, didukung kerut keputihan yang menyatu. Tidak ada gigi engsel. Goresan otot aduktor <i>unequal</i>, bagian anterior kecil kadang-kadang tidak ada; goresan otot aduktor posterior besar, sering kali bertemu dengan <i>byssal retractor</i>. Garis palium tanpa sinus. Sisi sebelah dalam cangkang dengan lapisan mutiara. Tepi internal halus.</p>
 <p data-bbox="397 1095 592 1126"><i>Nucula verrilli</i></p>	<p>Cangkang padat, <i>equivalve</i>; <i>inequilateral</i>, terdapat cucuk di balik garis tengah; secara garis besar bentuk segi tiga. Goresan <i>radial</i> halus dan garis konsentris lebih kasar, tanda yang jelas pada garis engsel. Garis engsel anterior membengkok horisontal; 20-30 gigi engsel anterior, 10-14 gigi engsel posterior; lunula dipotong garis melintang yang berkerut, perisai berlambang terpisah; jelas, dengan perbatasan yang tertekan dan mencibir garis engsel.</p>
 <p data-bbox="397 1505 592 1536"><i>Pitar circinata</i></p>	<p>Katup kiri dengan gigi lateral anterior atau dentikula. Sinus palium berkembang dengan baik. Bagian luar cangkang dengan <i>sculpture</i> konsentris. Pinggir interior halus. <i>Umbones</i> berputar di atas margin dorsal; sinus palium relatif dalam. <i>Lunula</i> dengan noda ungu di bawah <i>umbones</i></p>
 <p data-bbox="397 1740 592 1774"><i>Tellina radiata</i></p>	<p>Cangkang kecil, mencapai panjang 10 mm, tipis, agak menggembung. <i>Sculpture</i> halus dengan garis-garis pertumbuhan sangat halus. Warna biasanya putih dengan warna kuning dekat umbo, kadang-kadang merah jambu.</p>

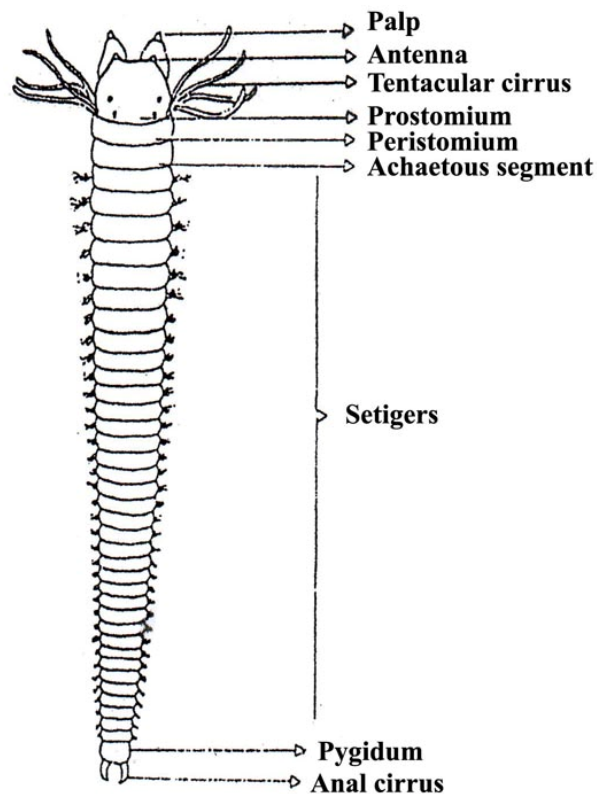
Lampiran 8. Morfologi Brachyura

**Tampak dorsal Brachyura**

Lampiran 9. Brachyura yang Ditemukan.

Spesies	Deskripsi
 <p data-bbox="406 616 557 651"><i>Sesarma</i> sp</p>	<p>Karapaks <i>subquadrat</i>, permukaan hampir datar, tertutup dengan bulu-bulu halus, punggung permukaan <i>postero-lateral</i> juga dilengkapi dengan bulu-bulu halus. Bagian depan sangat cembung di tengah-tengah, punggung <i>postfrontal</i> 4-cuping; cuping tengah dengan berkas-berkas <i>setae</i>, cuping <i>lateral</i> tidak terlalu cembung. Alur antara lambung dan daerah jantung lebih dalam daripada antara jantung dan daerah usus. Daerah <i>branchial</i> dengan <i>striae</i> miring. Satu gigi dibelakang gigi <i>outerorbital</i>, <i>acuminate</i> dan sangat terpisah.</p>
 <p data-bbox="438 1193 525 1227"><i>Uca</i> sp</p>	<p>Karapaks persegi; permukaan dorsal agak cembung, dengan alur-alur; seluruh margin depan relatif sempit; lebar karapaks, menempati hampir seluruh batas anterior (tidak termasuk bagian depan), garis pemisah margin antero-lateral dan posterolateral karapaks biasanya tidak jelas, margin lateral yang muncul sedikit cembung, margin lateral tidak berberigi. Mata dengan proyeksi yang panjang di atas kornea; permukaan dalam <i>palm</i> dengan garis melintang <i>stridulatory</i>. Tanpa gap belah ketupat antara <i>maxilliped</i> ketiga. <i>Dactylus</i> kaki dengan banyak <i>setae</i> keras. Permukaan ventral abdomen atau dasar kaki mempunyai berkas-berkas <i>setae</i>. Semua ruas abdomen jantan jelas, dapat digerakkan.</p>

Lampiran 10. Morfologi Polychaeta dan Polychaeta yang Ditemukan



Sumber : Ruswahyuni (1986).

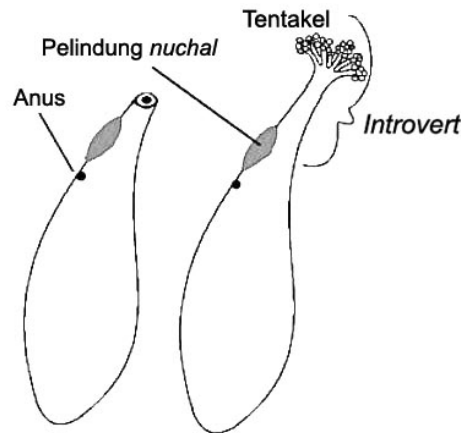


Eunice fucata

Deskripsi :

Prostomium dua cuping, dengan dua mata. Lima *antennae*, terdiri dari *annulus* (segmen cincin). *Peristomium* 2-3 kali lebih panjang dari segmen-segmen berikutnya. *Cirri* segmen *apodous* tidak jelas, memanjang ke depan di luar margin anterior *peristomium*. Insang mulai dari *setiger* 3, semakin jarang di *setiger* 4-7. Setelah *setiger* 30-59 tidak ada insang. Insang berbentuk sisir dengan 8-22 *filament* yang berkembang sangat baik. *Cirri* dorsal lebih pendek dari insang, kecuali di parapodium anterior. *Seta* Ada empat macam: 1) *seta* kapiler bersayap; 2) *seta*-sisir; 3) *seta* dengan *sepasang gigi pisau bertudung*; 4) satu atau dua *pasang gigi kait bertudung* yang kuat, mulai dari sekitar *setiger* 40. *Cirri pygidial*, dua panjang dan dua sangat pendek.

Lampiran 11. Morfologi Sipuncula dan Sipuncula yang Ditemukan.



keterangan:

- Kiri : Cacing tanpa *introvert* (bagian dalam yang bisa dijulurkan);
 Kanan : cacing dengan *introvert*.

Sumber: <http://reefkeeping.com/issues/2004-04/rs/>



Phoscolosoma lurco

Deskripsi :

Berukuran panjang 50-60 mm. Tubuh pendek dan meruncing. *Introvert* panjang dan ramping; dua kali panjang tubuh jika dikeluarkan secara penuh. Lingkaran mulut banyak tentakel dan teratur secara radial. Tidak ada pengait di *introvert*. Kulit *introvert* dan batang tubuh berkerut sempurna dan mempunyai *papillae* kecil; ciri khas, kulit batang tubuh berkerut menunjukkan pola tidak beraturan dari lipatan-lipatan *zigzag* longitudinal. *Nephridiopore* ventrolateral dan anterior, anus di anterior tubuh. Lapisan otot longitudinal dinding tubuh bersambung. Ada dua otot retraktor disisipkan dalam batang tubuh ketiga. Usus bergulung seperti spiral ganda didukung oleh kumparan otot yang melekat di bagian anterior dekat anus. Terdapat *caecum rectal*. Satu otot usus mengikat gulungan usus anterior ke dinding tubuh dorsal. Pembuluh kontraktif menyolok di dalam distal tengah mempunyai *villi* bercabang banyak. Dua *nephridia* tergantung bebas di dalam *coelom*.

Lampiran 12. Kepadatan, Ki, KR, Fi , FR dan INP Spesies per Plot di Kerapatan Jarang.

No	Spesies	Individu / 5m ²					Ni	Ki	KR (%)	Σplot	Fi	FR (%)	INP (%)
		A1	A2	A2	A4	A5							
1	<i>Cerithidea quadrata</i>	7	9	4	9	12	41	1,64	3,32	5	1	5,32	8,64
2	<i>Cerithidea scalariformis</i>	17	31	37	33	44	162	6,48	13,11	5	1	5,32	18,43
3	<i>Crepidula convexa</i>	7	5	9	7	11	39	1,56	3,16	5	1	5,32	8,47
4	<i>Cylichna occulata</i>	19	13	14	12	11	69	2,76	5,58	5	1	5,32	10,90
5	<i>Margarites cinereus</i>	2	0	2	1	4	9	0,36	0,73	4	0,8	4,26	4,98
6	<i>Melampus coffeus</i>	26	34	28	41	25	154	6,16	12,46	5	1	5,32	17,78
7	<i>Nassarius albus</i>	8	9	16	4	7	44	1,76	3,56	5	1	5,32	8,88
8	<i>Nerita fulgurans</i>	18	27	18	20	13	96	3,84	7,77	5	1	5,32	13,09
9	<i>Telescopium mauritsi</i>	5	8	2	12	4	31	1,24	2,51	5	1	5,32	7,83
10	<i>Pedipes mirabilis</i>	0	0	3	5	3	11	0,44	0,89	3	0,6	3,19	4,08
11	<i>Sinum maculatum</i>	47	28	41	45	61	222	8,88	17,96	5	1	5,32	23,28
12	<i>Tricolia affinis</i>	11	16	6	14	7	54	2,16	4,37	5	1	5,32	9,69
13	<i>Urosalpinx perrugata</i>	6	13	7	4	9	39	1,56	3,16	5	1	5,32	8,47
14	<i>Lithopaga nigra</i>	2	7	3	3	9	24	0,96	1,94	5	1	5,32	7,26
15	<i>Nucula verrilli</i>	9	16	13	14	6	58	2,32	4,69	5	1	5,32	10,01
16	<i>Pitar circinata</i>	4	3	3	6	12	28	1,12	2,27	5	1	5,32	7,58
17	<i>Tellina radiata</i>	7	11	19	17	15	69	2,76	5,58	5	1	5,32	10,90
18	<i>Sesarma sp</i>	8	4	8	8	3	31	1,24	2,51	5	1	5,32	7,83
19	<i>Eunice fucata</i>	0	2	2	1	0	5	0,20	0,40	3	0,6	3,19	3,60
20	<i>Phascolosoma lurco</i>	10	10	27	3	0	50	2,00	4,05	4	0,8	4,26	8,30
Jumlah		213	246	262	259	256	1236	49	100	94	19	100	200

Lampiran 13. Kepadatan, Ki, KR, Fi , FR dan INP Spesies per Plot di Kerapatan Sedang.

No	Spesies	Individu / 5m2					Ni	Ki	KR (%)	Σplot	Fi	FR (%)	INP (%)
		B1	B2	B3	B4	B5							
1	<i>Cerithidea quadrata</i>	3	4	4	6	3	20	0,80	2,38	5	1,0	5	7,38
2	<i>Cerithidea scalariformis</i>	6	10	7	24	14	61	2,44	7,26	5	1,0	5	12,26
3	<i>Crepidula convexa</i>	6	4	2	3	5	20	0,80	2,38	5	1,0	5	7,38
4	<i>Cylichna occulata</i>	3	6	4	7	5	25	1,00	2,98	5	1,0	5	7,98
5	<i>Margarites cinereus</i>	2	1	3	0	2	8	0,32	0,95	4	0,8	4	4,95
6	<i>Melampus coffeus</i>	7	9	7	17	14	54	2,16	6,43	5	1,0	5	11,43
7	<i>Nassarius albus</i>	0	1	1	3	1	6	0,24	0,71	4	0,8	4	4,71
8	<i>Nerita fulgurans</i>	17	12	14	19	17	79	3,16	9,40	5	1,0	5	14,40
9	<i>Telescopium mauritsi</i>	2	2	2	4	6	16	0,64	1,90	5	1,0	5	6,90
10	<i>Pedipes mirabilis</i>	2	6	1	2	6	17	0,68	2,02	5	1,0	5	7,02
11	<i>Sinum maculatum</i>	43	46	39	32	34	194	7,76	23,10	5	1,0	5	28,10
12	<i>Tricolia affinis</i>	56	36	50	19	23	184	7,36	21,90	5	1,0	5	26,90
13	<i>Urosalpinx perrugata</i>	2	3	2	6	3	16	0,64	1,90	5	1,0	5	6,90
14	<i>Lithopaga nigra</i>	0	1	0	4	1	6	0,24	0,71	3	0,6	3	3,71
15	<i>Nucula verrilli</i>	1	1	1	8	4	15	0,60	1,79	5	1,0	5	6,79
16	<i>Pitar circinata</i>	2	3	6	2	2	15	0,60	1,79	5	1,0	5	6,79
17	<i>Tellina radiata</i>	4	2	7	5	9	27	1,08	3,21	5	1,0	5	8,21
18	<i>Sesarma</i> sp	5	1	7	3	6	22	0,88	2,62	5	1,0	5	7,62
19	<i>Uca</i> sp	1	5	3	0	1	10	0,40	1,19	4	0,8	4	5,19
20	<i>Eunice fucata</i>	5	8	4	4	3	24	0,96	2,86	5	1,0	5	7,86
21	<i>Phascolosoma lurco</i>	2	5	4	4	6	21	0,84	2,50	5	1,0	5	7,50
Jumlah		169	166	168	172	165	840	34	100	100	20	100	200

Lampiran 14. Kepadatan, Ki, KR, Fi , FR dan INP Spesies per Plot di Kerapatan Padat.

No	Spesies	Individu / 5m ²					Ni	Ki	KR (%)	Σplot	Fi	FR (%)	INP (%)
		C1	C2	C3	C4	C5							
1	<i>Buccinum donovani</i>	3	2	4	7	7	23	0,92	2,78	5	1	5,88	8,66
2	<i>Cerithidea scalariformis</i>	10	6	13	13	16	58	2,32	7,00	5	1	5,88	12,89
3	<i>Crepidula convexa</i>	3	4	3	8	11	29	1,16	3,50	5	1	5,88	9,38
4	<i>Margarites cenereus</i>	1	0	4	2	4	11	0,44	1,33	4	0,8	4,71	6,03
5	<i>Melampus coffeus</i>	16	9	11	17	21	74	2,96	8,94	5	1	5,88	14,82
6	<i>Nerita fulgurans</i>	7	11	7	12	8	45	1,80	5,43	5	1	5,88	11,32
7	<i>Niso interrupta</i>	3	6	2	4	4	19	0,76	2,29	5	1	5,88	8,18
8	<i>Pedipes mirabilis</i>	4	7	4	2	2	19	0,76	2,29	5	1	5,88	8,18
9	<i>Sinum maculatum</i>	38	42	49	53	50	232	9,28	28,02	5	1	5,88	33,90
10	<i>Tricolia affinis</i>	58	51	47	11	12	179	7,16	21,62	5	1	5,88	27,50
11	<i>Lithopaga nigra</i>	2	2	3	1	1	9	0,36	1,09	5	1	5,88	6,97
12	<i>Nucula verrilli</i>	2	4	2	1	1	10	0,40	1,21	5	1	5,88	7,09
13	<i>Pitar circinata</i>	6	8	6	4	5	29	1,16	3,50	5	1	5,88	9,38
14	<i>Tellina radiata</i>	4	6	8	9	5	32	1,28	3,86	3	0,6	3,53	7,39
15	<i>Sesarma</i> sp	1	3	1	6	3	14	0,56	1,69	5	1	5,88	7,57
16	<i>Uca</i> sp	3	1	1	0	6	11	0,44	1,33	4	0,8	4,71	6,03
17	<i>Eunice fucata</i>	4	3	0	6	6	19	0,76	2,29	4	0,8	4,71	7,00
18	<i>Phoscolosoma lurco</i>	2	1	1	7	4	15	0,60	1,81	5	1	5,88	7,69
Jumlah		167	166	166	163	166	828	33,12	100	85	17	100	200

Lampiran 15. Hasil Uji Kruskal Wallis

Uji statistik antar tiga kerapatan

	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
<i>C. quadrata</i>	6.009	2	.050
<i>C. scalariformis</i>	8.687	2	.013
<i>C. convexa</i>	4.626	2	.099
<i>C. occulata</i>	12.963	2	.002
<i>M. cinereus</i>	.276	2	.871
<i>M. coffeus</i>	10.275	2	.006
<i>N. albus</i>	12.226	2	.002
<i>N. fulgurans</i>	9.986	2	.007
<i>T. mauritsi</i>	2.482	2	.289
<i>P. mirabilis</i>	1.169	2	.557
<i>S. maculatum</i>	2.480	2	.289
<i>T. affinis</i>	6.467	2	.039
<i>U. perrugata</i>	12.300	2	.002
<i>L. nigra</i>	6.231	2	.044
<i>N. verrilli</i>	8.999	2	.011
<i>P. circinata</i>	5.222	2	.073
<i>T. radiata</i>	7.196	2	.027
<i>Sesarma</i> sp	4.674	2	.097
<i>Uca</i> sp	6.821	2	.033
<i>E. fucata</i>	7.074	2	.029
<i>P. lurco</i>	1.959	2	.375
Kelimpahan total	10.279	2	.006

lanjutan

Uji statistik antara kerapatan jarang dan kerapatan sedang

	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
<i>C. quadrata</i>	4.992	1	.025
<i>C. scalariformis</i>	5.771	1	.016
<i>C. convexa</i>	5.345	1	.021
<i>C. oculata</i>	6.818	1	.009
<i>M. cinereus</i>	.012	1	.914
<i>M. coffeus</i>	6.860	1	.009
<i>N. albus</i>	6.988	1	.008
<i>N. fulgurans</i>	1.866	1	.172
<i>T. mauritsi</i>	1.975	1	.160
<i>P. mirabilis</i>	.548	1	.459
<i>S. maculatum</i>	.884	1	.347
<i>T. affinis</i>	6.818	1	.009
<i>U. perrugata</i>	5.378	1	.020
<i>L. nigra</i>	4.011	1	.045
<i>N. verrilli</i>	5.914	1	.015
<i>P. circinata</i>	2.954	1	.086
<i>T. radiata</i>	5.312	1	.021
<i>Sesarma</i> sp	1.620	1	.203
<i>Uca</i> sp	5.581	1	.018
<i>E. fucata</i>	6.944	1	.008
<i>P. lurco</i>	.541	1	.462
Kelimpahan total	6.818	1	.009

lanjutan

Uji statistik antara kerapatan jarang dan kerapatan padat

	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
<i>C. quadrata</i>	3.668	1	.055
<i>C. scalariformis</i>	6.860	1	.009
<i>C. convexa</i>	1.111	1	.292
<i>C. oculata</i>	7.759	1	.005
<i>M. cinereus</i>	.105	1	.746
<i>M. coffeus</i>	6.818	1	.009
<i>N. albus</i>	7.759	1	.005
<i>N. fulgurans</i>	6.902	1	.009
<i>T. mauritsi</i>	1.125	1	.289
<i>P. mirabilis</i>	.906	1	.341
<i>S. maculatum</i>	.273	1	.602
<i>T. affinis</i>	2.810	1	.094
<i>U. perrugata</i>	7.759	1	.005
<i>L. nigra</i>	4.165	1	.041
<i>N. verrilli</i>	6.902	1	.009
<i>P. circinata</i>	.725	1	.395
<i>T. radiata</i>	4.811	1	.028
<i>Sesarma</i> sp	4.165	1	.041
<i>Uca</i> sp	5.581	1	.018
<i>E. fucata</i>	3.272	1	.070
<i>P. lurco</i>	1.336	1	.248
Kelimpahan total	6.988	1	.008

lanjutan

Uji statistik antara kerapatan sedang dan kerapatan padat

	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
<i>C. quadrata</i>	.104	1	.747
<i>C. scalariformis</i>	.011	1	.916
<i>C. convexa</i>	.405	1	.525
<i>C. occulata</i>	7.759	1	.005
<i>M. cinereus</i>	.285	1	.594
<i>M. coffeus</i>	1.878	1	.171
<i>N. albus</i>	5.714	1	.017
<i>N. fulgurans</i>	6.400	1	.011
<i>T. mauritsi</i>	.588	1	.443
<i>P. mirabilis</i>	.294	1	.588
<i>S. maculatum</i>	2.455	1	.117
<i>T. affinis</i>	.011	1	.917
<i>U. perrugata</i>	7.867	1	.005
<i>L. nigra</i>	1.424	1	.233
<i>N. verrilli</i>	.000	1	1.000
<i>P. circinata</i>	4.139	1	.042
<i>T. radiata</i>	.400	1	.527
<i>Sesarma</i> sp	1.154	1	.283
<i>Uca</i> sp	.012	1	.914
<i>E. fucata</i>	.181	1	.670
<i>P. lurco</i>	1.132	1	.287
Kelimpahan total	1.672	1	.196

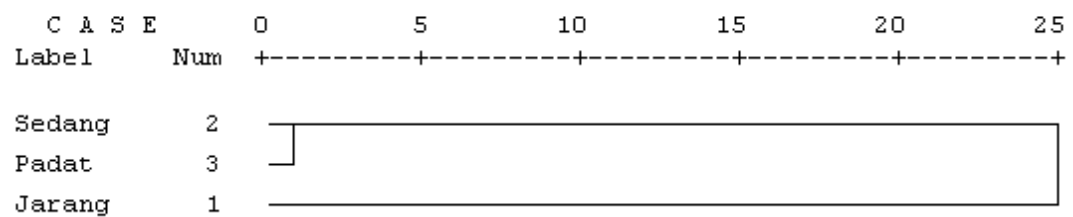
Lampiran 16. Hasil Analisis Cluster

A. Cluster kerapatan mangrove berdasarkan kelimpahan jenis fauna.

Agglomeration Schedule

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	2	3	66.663	0	0	2
2	1	2	222.212	0	1	0

Rescaled Distance Cluster Combine

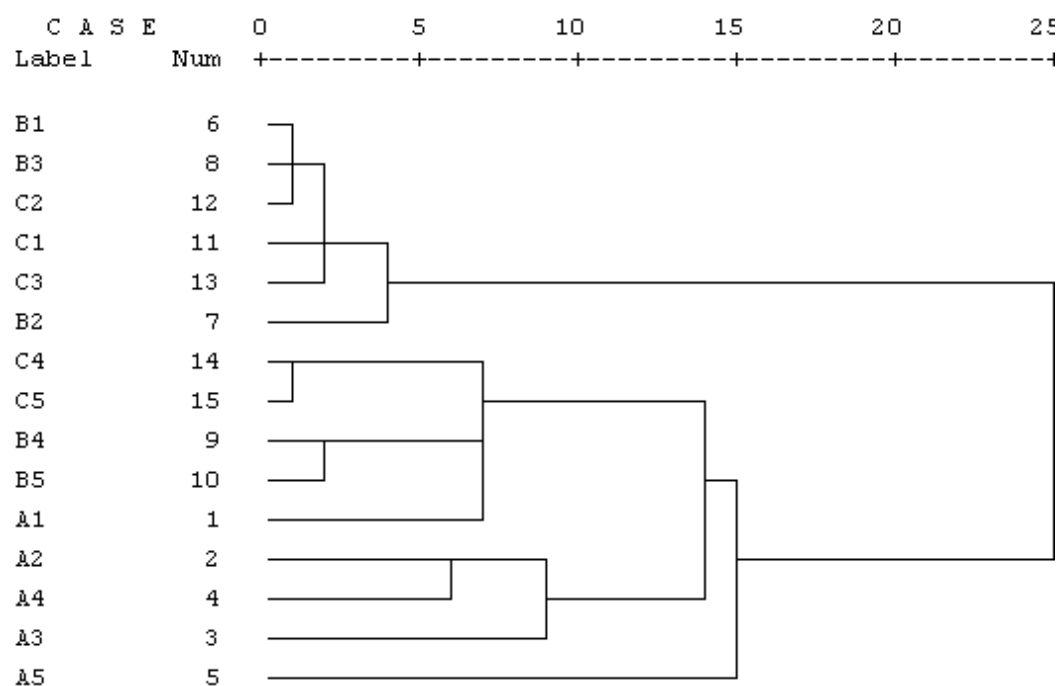


B. Cluster plot berdasarkan kelimpahan jenis fauna.

Agglomeration Schedule

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	6	8	121.000	0	0	3
2	14	15	135.000	0	0	10
3	6	12	176.500	1	0	5
4	9	10	243.000	0	0	9
5	6	11	260.000	3	0	6
6	6	13	311.500	5	0	7
7	6	7	493.200	6	0	14
8	2	4	679.000	0	0	11
9	1	9	773.500	0	4	10
10	1	14	780.167	9	2	12
11	2	3	1071.500	8	0	12
12	1	2	1552.400	10	11	13
13	1	5	1719.500	12	0	14
14	1	6	2815.148	13	7	0

lanjutan



Lampiran 17. Indeks Keanekaragaman Jenis per Plot

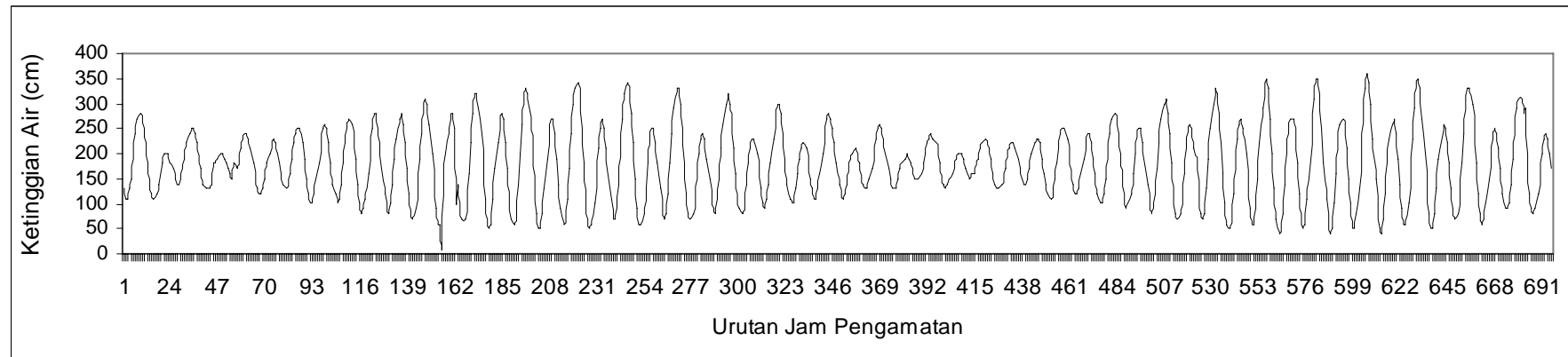
Plot	Indeks Keanekaragaman (H')	Kategori*
A1	2.36	Tinggi
A2	2.61	Tinggi
A3	2.38	Tinggi
A4	2.36	Tinggi
A5	2.24	Tinggi
B1	1.33	Rendah
B2	1.67	Sedang
B3	1.56	Rendah
B4	2.43	Tinggi
B5	2.51	Tinggi
C1	1.51	Rendah
C2	1.41	Rendah
C3	1.35	Rendah
C4	2.51	Tinggi
C5	2.29	Tinggi

keterangan: *) = Kategori berdasarkan Lee *et al* (1978) dalam Soegianto (1994).

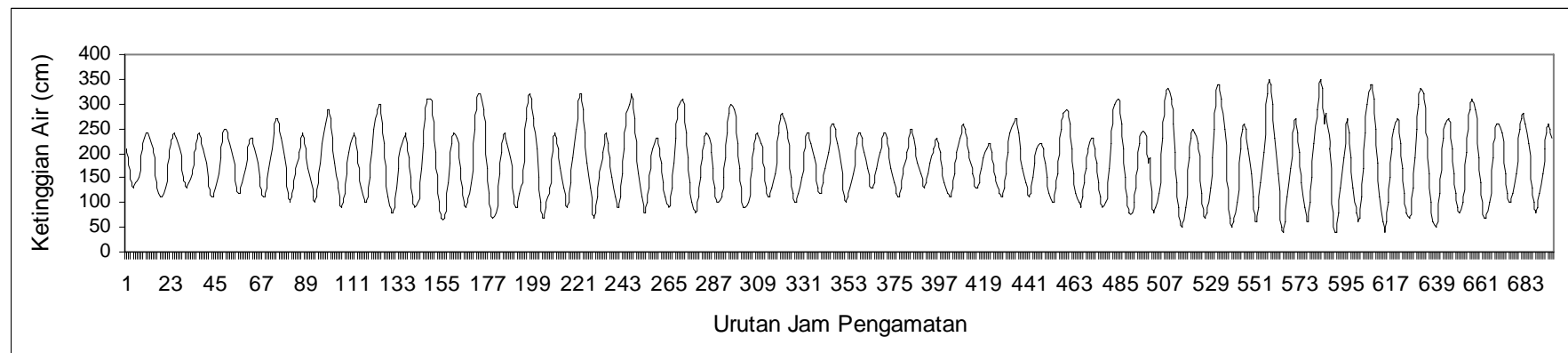
Lampiran 18. Hasil Analisis Koefisien Kontingensi

Crosstabulation	Koefisien kontingensi	Approx.Sig.
Jarang-Sedang-Padat	0,559	0,147
Jarang-Sedang	0,548	0,117
Jarang-Padat	0,548	0,038
Sedang-Padat	0,327	0,549

Lampiran 19. Grafik Pasang Surut Bulan Mei dan Juni 2009



Mei 2009



Juni 2009

Sumber : Syahbandar Kota Tarakan, Kalimantan Timur

RIWAYAT HIDUP



Amrullah Taqwa dilahirkan pada tanggal 9 Juni 1969 di Tarakan, Kalimantan Timur. Penulis merupakan anak ke-2 dari pasangan A.M. Amran dan Ruwaeda.

Penulis menamatkan pendidikan dasar di Sekolah Dasar Pertamina, Tarakan pada tahun 1982, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Patra Dharma, Tarakan dan menyelesaikan pendidikan pada tahun 1985. Pada tahun 1988 menyelesaikan pendidikan di Sekolah Menengah Atas Patra Dharma, Tarakan. Penulis menyelesaikan studi di Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin, Makassar pada tahun 1996. Penulis mengabdikan sebagai pengajar di Universitas Borneo Tarakan sejak tahun 2002 hingga sekarang. Pada tahun 2010 menyelesaikan pendidikannya di Program Studi Magister Manajemen Sumber Daya Pesisir Universitas Diponegoro, Semarang.